

**T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**ÇELİK DONATILI TOPRAKARME İSTİNAT DUVARLARININ
YOL UYGULAMALARINDA KULLANILMASI VAKA ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Emin DAŞÇI

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

EYLÜL 2022

**T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**ÇELİK DONATILI TOPRAKARME İSTİNAT DUVARLARININ
YOL UYGULAMALARINDA KULLANILMASI VAKA ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mehmet Emin DAŞÇI
(201282006)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Mehmet Salih KESKİN

EYLÜL 2022

**T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mehmet Emin DAŞÇI
(201282006)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

İstanbul Gedik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliğinde Yapılan Bu Tez Çalışması, Geoteknik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Derecesi Gereksinimlerini Sağlamaktadır.

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Mehmet Salih KESKİN

EYLÜL 2022



**T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz, İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı 201282006 numaralı öğrencisi Mehmet Emin DAŞÇI'nın “Çelik Donatılı Toprakarme İstinat Duvarlarının Yol Uygulamalarında Kullanılması Vaka Analizi” adlı tez çalışması 15/09/2022 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aşağıdaki jüri tarafından *Oy Birliği ile Yüksek Lisans* tezi olarak *Kabul* edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

Jüri Onay Tarihi: 15/09/2022

- 1) Tez Danışmanı:** Doç. Dr. Mehmet Salih Keskin
- 2) Jüri Üyesi:** Dr. Öğr. Üyesi Hasan Bozkurt Nazilli
- 3) Jüri Üyesi:** Dr. Öğr. Üyesi Hayrullah Akyıldız

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Çelik Donatılı Toprakarme İstinat Duvarlarının Yol Uygulamalarında Kullanılması Vaka Analizi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadar ki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’ da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim (15/09/2022).

Mehmet Emin DAŞÇI



Eşime ve Çocuklarıma,



ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım başlangıcından itibaren gerek zaman ve imkân açısından gerekse tez konumun belirlenmesinde ve sonrasında tez çalışmamın her aşamasında özveriyle desteğini, değerli bilgi ve tavsiyeleriyle her zaman hissettiren kıymetli hocam Doç. Dr. Mehmet Salih KESKİN' e en samimi teşekkürlerimi sunuyorum.

Yüksek lisans eğitimi ve tez hazırlama sürecinde desteğini esirgemeyen hayatımın her döneminde olduğu gibi yine yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Eylül 2022

Mehmet Emin DAŞCI

(İnşaat Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

YEMİN METNİ	v
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	2
2.1. İstinat Duvarları	2
2.2. İstinat Duvarlarının Çeşitleri.....	3
2.2.1. Betonarme İstinat Duvarları	4
2.2.2. Kafes Tipi Toprakarme Yapıları	4
2.2.3. Tabaka Tipi Donatılı Toprakarme Sistemleri	5
2.2.4. Şerit Tipi Donatılı Toprakarme Yapıları.....	6
2.2.5. Çubuk Tipi Donatılı Toprakarme Yapıları.....	7
2.2.6. Lif Tipi Donatılı Toprakarme Yapıları	7
2.2.7. Gözenekli Donatılı Toprakarme Yapıları.....	7
2.3. Donatılı (Toprakarme) Duvar Sistemleri ve Tarihsel Gelişimi.....	7
2.4. Toprakarme Duvar Sistemlerinin Avantajları ve Dezavantajları.....	8
2.5. Toprakarme Duvar Sistemlerinde Kullanılan Malzemenin Seçimi	9
2.6. Türkiye’de Toprakarme Duvar Sistemlerinin Kullanıldığı Çalışmalara Örneklerle.....	11
2.7. Toprakarme Sistemlerinde Hesap Yöntemleri	15
3. METODOLOJİ	17
4. VERİ ANALİZİ.....	22
4.1. Arazi Bölgesine Ait Veriler	22
4.2. Geoteknik Açından Elde Edilen Veriler	23
4.2.1. Zeminin Profili ve Parametreleri.....	24
4.2.2. Kavşak Köprüsüne Ait Sonuçlar	30
4.2.2.1. Kavşak Köprüsü Kapalı Kesit Taşıma Gücü Hesabı	30
4.2.2.2. Kavşak Köprüsü Donatılı Toprak Duvar Taşıma Gücü Hesabı.....	35
4.2.2.3. Kavşak Köprüsü Donatılı Toprak Duvar Kesimi Oturma Hesabı	36
4.2.2.4. Kavşak Köprüsünün Kapalı Kesitinin Oturma Hesabı	40
4.2.2.5. Sıvılaşma Analizi	44
4.2.3. Kavşak Köprüsü Kapalı Kesim Yaklaşım Dolguları	44
4.2.4. Donatılı Toprak Duvar Betonarme Duvarı Analizleri	47
4.2.4.1. TİP-1 Duvar Devrilme ve Kayma Analizi	52
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR	57
EKLER.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	76

KISALTMALAR

AFAD	: Afet ve Acil durum
CH	: Toprak Duvarı Kil Birimi
cm	: Santimetre
Hz	: Zemin Kalınlığı
Km	: Kilometre
kPa	: Kilopaskal
kN	: Kilonewton
m	: Metre
m³	: Metre Küp
T.C	: Türkiye Cumhuriyeti

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Donatılı sistemde kullanılan şerit malzemelerinin özellikleri.....	10
Çizelge 4.1 : Sondaj kuyu listesi.....	22
Çizelge 4.2 : Araştırma Çukuru Listesi	23
Çizelge 4.3 : SPT/LAB deneyinin verileri.....	25
Çizelge 4.4 : Yapılan çeşitli analizlerin sonuçları	27
Çizelge 4.5 : Marn ile ilgili sonuçlar	28
Çizelge 4.6 : Zemin sıyırılmasından sonra serilecek olan dolgu malzemesinin verileri	33
Çizelge 4.7 : Kavşak köprüsü yaklaşım dolgularına ait bilgiler	45
Çizelge 4.8 : Taşıma gücü analizinin Tip-1 duvarı açısından sonuçları.....	50
Çizelge 5.1 : Her kesim için imalat çalışmasının detayları.....	54
Çizelge A.1 : Onaylı Temel Gerilimler.....	59

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : İstinat duvarının zeminlere dayalı hali	2
Şekil 2.2 : Kütle duvarlarına örnekler	4
Şekil 2.3 : Kafes duvarlarına örnekler	5
Şekil 2.4 : Bartın’da bulunan şerit donatılı toprakarme yapısı	6
Şekil 2.5 : Bursa Osmangazi’de bulunan pınar köprülü kavşağı.....	11
Şekil 2.6 : Kütahya’da bulunan tavşanlı yolu	11
Şekil 2.7 : Kütahya – Afyon yolu	12
Şekil 2.8 : Gökıy köprülü kavşağı.	12
Şekil 2.9 : Toprakarme yapıya örnek.....	13
Şekil 2.10 : Toprakarme yapıya sulu alan örneği	13
Şekil 2.11 : Toprakarme yapıya köprü örneği	14
Şekil 2.12 : Toprakarme yol örneği	14
Şekil 2.13 : Eğimli yamaç örneği	15
Şekil 3.1 : Kavşak bölgesinin Google Earth aracılığıyla elde edilen görüntüsü	17
Şekil 3.2 : Projeye ait tip kesit görüntüsü	18
Şekil 3.3 : Kavşak bölgesinin görüntüleri	20
Şekil 4.1 : Havaalanı kavşağı kavşak köprüsünün genel yerleşim planı	24
Şekil 4.2 : Marn birim için RocLab program verileri	29
Şekil 4.3 : Marn birim için GSI seçimi	29
Şekil 4.4 : Kavşak köprüsü kapalı kesim tip kesiti	30
Şekil 4.5 : Kapalı kesim maksimum dolgu yüksekliğinde donatılı toprak duvar içerisinde kalan kenar enkesit görüntüsü	31
Şekil 4.6 : Kenar ayak tip kesiti	31
Şekil 4.7 : Marn-Çamurtaşı biriminin ayrışma ürünü olan kil birim için taşıma gücü analizi	32
Şekil 4.8 : Zemin sıyrılması sonrası için yapılan taşıma analizinin sonuçları.....	34
Şekil 4.9 : Donatılı toprak duvarlı geçişler için uygulama tip kesiti	35
Şekil 4.10 : En yüksek donatılı toprak duvar kesiti	35
Şekil 4.11 : Konsolidasyon katsayısı ve likit limit arasındaki korelasyon	37
Şekil 4.12 : Çamurtaşı-Marn birimin ayrışma ürünü olan kil birim için oturma izni	38
Şekil 4.13 : Zeminin 2 metre sıyrılması sonrası serilecek dolgu malzemesi (GC-GW- GP-GM) altında kalan killeşmiş birim için oturma analizi	39
Şekil 4.14 : Zemin sıyrılmasından sonra 7 metrelik dolguların hesabı	40
Şekil 4.15 : Konsolidasyon katsayısı ve likit limit arasındaki korelasyon	41
Şekil 4.16 : Çamurtaşı – Marn birimin ayrışma ürünü olan kil birim için oturma analizi	42
Şekil 4.17 : Zeminin 2 metre sıyrılması sonrasında serilecek olan dolgu malzemesi (GC-GW-GP-GM) altında katal killeşmiş birim oturma analizi yapılmıştır	43
Şekil 4.18 : Km : 16+440 yaklaşım dolgusu kısa dönem stabilite analizi.....	45
Şekil 4.19 : Km: 16+440 yaklaşım dolgusu uzun dönem stabilite analizi	46
Şekil 4.20 : Km : 16 + 440 yaklaşım dolgusu sismik durum stabilite analizi	46
Şekil 4.21 : Tip-1 betonarme duvar kesiti detayları	47
Şekil 4.22 : Tip-2 donatılı toprak duvar kesiti detayları	48
Şekil 4.23 : Tip-3 donatılı toprak duvar kesiti detayları	48
Şekil 4.24 : Tip-4 donatılı toprak duvar kesiti detayları	49

Şekil 4.25 : Kil birim üzerine inşa edilecek Tip-1 duvar kesimi için taşıma gücü analizinin sonuçları	50
Şekil 4.26 : Kil birim üzerine inşa edilecek Tip-1 duvar kesimi için oturma analizi sonuçları	51
Şekil 4.27 : Tip-1 duvarının devrilme ve kayma analizlerinin sonuçları	52
Şekil B.1 : Zemin sıklık ve katılık ölçütleri.....	60
Şekil B.2 : Zeminler için tipik indeks özellikleri.....	62
Şekil B.3 : Killer için efektif içsel sürtünme açısı.....	65
Şekil B.4 : Kaya dolgu niteliğindeki malzemeler için içsel sürtünme açısı	66
Şekil B.5 : Kaya nitelikli birimler için kullanılan değerler	67
Şekil B.6 : Geo5 literatüründen bulunan kaya parametreleri	68
Şekil B.7 : Kaya nitelikli birimler için nokta yükünün tek eksenli basınç dayanımına dönüşümünde kullanılan ampirik denklemler.....	70
Şekil B.8 : Zeminlerin elastisite modülleri	71
Şekil B.9 : Canadian manual kaya'da taşıma gücü.....	72
Şekil B.10 : Taşıma gücü faktörleri (terzaghi, meyerhof, hansen ve vesic).....	73
Şekil B.11 : Betonarme duvar parametresi	74

ÇELİK DONATILI TOPRAKARME İSTİNAT DUVARLARININ YOL UYGULAMALARINDA KULLANILMASI VAKA ANALİZİ

ÖZET

Öncelikli olarak konuyla ilgisi olan terimlerin literatür taraması yapılmıştır. Bu doğrultuda istinat duvarlarının özellikleri ve çeşitleri, toprakarme duvar sistemlerinin özellikleri ve tarihsel gelişimi, toprakarme duvar sisteminin çeşitli avantajlarının ve dezavantajları, toprakarme duvar sistemlerinde kullanılan malzemenin seçimi, Türkiye’de toprakarme duvar sistemlerinin kullanıldığı çalışmalara örnekler ve donatılı sistemlerin duvar hesabı hakkında bilgi vermek amacıyla çeşitli alt başlıklar oluşturulmuştur.

İstinat duvarlarının kullanım hedeflerine bakıldığı zaman çeşitli kotlarda bulunan farklı tür zeminlerin duruş şekillerini dikleştirmek ve herhangi bir göçmenin önüne geçebilmek amacıyla tercih edildiği sonucuna varılmıştır. İstinat duvarlarının temel özellikleri incelendiği zaman iki çeşit kısma ayrıldığı görülmektedir. Bu kısımlar temel ve gövde olarak isimlendirilmektedir. Ayrıca bu yapı üzerinde yer alan farklı bölümler olduğu sonucuna varılmıştır. İstinat duvarlarının kütle olmayan ve kütle olan istinat duvarları olmak üzere isimlendirildiği sonucuna erişilmiştir. Bu iki grubunda kendi içlerinde alt sınıflara ayrıldığı sonucuna varılmıştır. Araştırma konusunun uygulama kısmında ‘Gölbaşı – Adıyaman – Kahta Yolu (Km 0+000-44+500 ve Km 59+000-98+000) Yapım İşi’ kapsamındaki Havaalanı Kavşağı KM = 15+945.000 - 16+919.542 çalışması seçilmiştir. Seçilen tez kapsamı doğrultusunda öncelikli olarak arazinin özellikleri ve geoteknik açıdan verileri incelenmiştir. Yapılan bu tez çalışmasında geoteknik açıdan elde edilen veriler zemin profili ve parametreleri, kavşak köprüsüne ait sonuçlar, kavşak köprüsü kapalı kesim yaklaşım dolguları, donatılı toprak duvar betonarme duvarı analizi gibi farklı alt başlıklara ayrılarak verilmiştir.

Havaalanı Kavşağı’nda (KM = 15+945.000 - 16+919.542) donatılı toprak duvar ile geçilen köprü kesimine ait geoteknik değerlendirmeler sonuç olarak verilmiştir. Ayrıca yapılan araştırma da havaalanı ve Alibeyköy yollarına ait olan geoteknik değerlendirmeler bu tez projesinde yer almamaktadır. Bu çalışmada havaalanı kavşağı için SK-1, SK-2, SK-3, SK-4 ve SK-5 olmak üzere toplam 5 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Bu duruma ek olarak ise SK-2 ve SK-3 Kavşak Köprüsü’nün olduğu kısımdaki sondajlardır. Araştırma çalışmaları ışığında; zemin idealize edilerek ilk 6 metrelik kesimin marn ve çamurtaşı birimlerin ayrışması sonucu oluşmuş kil birim tabakası, alt kotların ise marn-çamurtaşı birimler olduğu öngörülmüştür. Yapılan taşıma gücü ve oturma analizlerine göre ayrışma ürünü olan kil birimin Km: 16+260.00-16+660 (sağ ve sol kesimler) aralığında 2 metre sıyrılarak yerine iyileştirme malzemesi olarak suya hassas olmayan çakıl nitelikli ariyet malzemesi ile teşkil edilmesi gerektiği bulgusuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler : *İstinat duvarı, Toprakarme duvar sistemi, Geoteknik.*

CASE ANALYSIS OF THE USE OF STEEL REINFORCED RETAINING WALLS IN ROAD APPLICATIONS

ABSTRACT

First, a literature review of the terms related to the subject was made. In this direction, there are various types of retaining walls to provide information about the characteristics and types of retaining walls, different types of retaining walls, the characteristics and historical development of reinforced earth wall systems, the various advantages and disadvantages of the reinforced earth wall system, the selection of the material used in the reinforced earth wall systems, examples of studies in Turkey and the wall calculation of reinforced systems were researched.

Considering the usage objectives of retaining walls, it was concluded that different types of floors at various levels were preferred to straighten their posture and to prevent any immigrants. When the basic features of the retaining walls are examined, it is seen that they are divided into two types. These parts are called the base and the body. It was concluded that there are different sections on this structure. It is seen that retaining walls are basically divided into 2 main groups as non-mass and mass retaining walls. It was concluded that these two groups were divided into subclasses within themselves. In the thesis study, in the application part of the research topic, the Airport Junction KM = 15+945.000 - 16+919.542 study within the scope of 'Gölbaşı – Adıyaman – Kahta Road (Km 0+000-44+500 and Km 59+000-98+000) Construction Work' was chosen. In line with the scope of the selected thesis, primarily the characteristics of the land and its geotechnical data were examined. In this thesis, the data obtained from the geotechnical point of view are given by dividing into different sub-headings such as soil profile and parameters, results of the intersection bridge, closed section approach fills of the intersection bridge, reinforced soil wall reinforced concrete wall analysis.

The geotechnical evaluations of the bridge section crossed by the reinforced earth wall at the Airport Junction (KM = 15+945.000 - 16+919.542) were given as a result. In addition, the geotechnical evaluations of the airport and Alibeyköy roads are not included in this thesis project. In this study, a total of 5 boreholes, SK-1, SK-2, SK-3, SK-4 and SK-5, were drilled for the airport junction. In addition to this situation, there are drillings in the part of the SK-2 and SK-3 Junction Bridge. In the light of research studies, by idealizing the ground, it was predicted that the first 6-meter section was the clay unit layer formed because of the decomposition of marl and mudstone units, and the lower elevations were marl-mudstone units. According to the bearing capacity and settlement analyzes, it was found that the clay unit, which is the product of weathering, should be stripped 2 meters in the range of Km: 16+260.00-16+660 (right and left sections) and formed with pebble quality loan material which is not sensitive to water as a remediation material.

Keywords: *Retaining wall, Reinforced earth wall system, Geotechnical*

1. GİRİŞ

Yapılan bu tez çalışmasında konu olarak ‘Çelik Donatılı Toprakarme İstinat Duvarlarının Yol Uygulamalarında Kullanılması Vaka Analizi’ seçilmiştir. Bu doğrultuda öncelikli olarak konuya hâkim olabilmek için literatür taraması yapılmıştır.

Öncelikli olarak istinat duvarlarının özellikleri ve çeşitleri araştırılmıştır. Bu doğrultuda betonarme, kafes tipi toprakarme, tabaka tipi donatılı toprakarme, şerit tipi donatılı toprakarme, çubuk tipi donatılı toprakarme, lif tipi donatılı toprakarme ve gözenekli donatılı toprakarme yapılarının özellikleri incelenmiştir. Genel olarak çeşitli istinat duvarlarının özellikleri incelendikten sonra toprakarme duvar sistemlerinin özellikleri ve tarihsel gelişimi literatür taraması aracılığıyla araştırılmıştır. Toprakarme duvar sisteminin çeşitli avantajlarının ve dezavantajlarının olduğu bulgusuna yapılan literatür taramaları doğrultusunda ulaşılmıştır. Ayrıca genel bir bilgi sağlayabilmesi için toprakarme duvar sistemlerinde kullanılan malzemenin seçimi, Türkiye’de toprakarme duvar sistemlerinin kullanıldığı çalışmalara örnekler ve donatılı sistemlerin duvar hesabı hakkında bilgi vermek amacıyla çeşitli alt başlıklar oluşturulmuştur.

Bu duruma ek olarak çalışmanın kalan kısmında metodoloji ye dair bilgiler verilmiştir. Yapılan bu tez çalışmasında araştırma konusunun uygulama kısmında ‘Gölbaşı – Adıyaman – Kâhta Yolu (Km 0+000-44+500 ve Km 59+000-98+000) Yapım İşi’ kapsamındaki Havaalanı Kavşağı KM = 15+945.000 - 16+919.542 çalışması seçilmiştir.

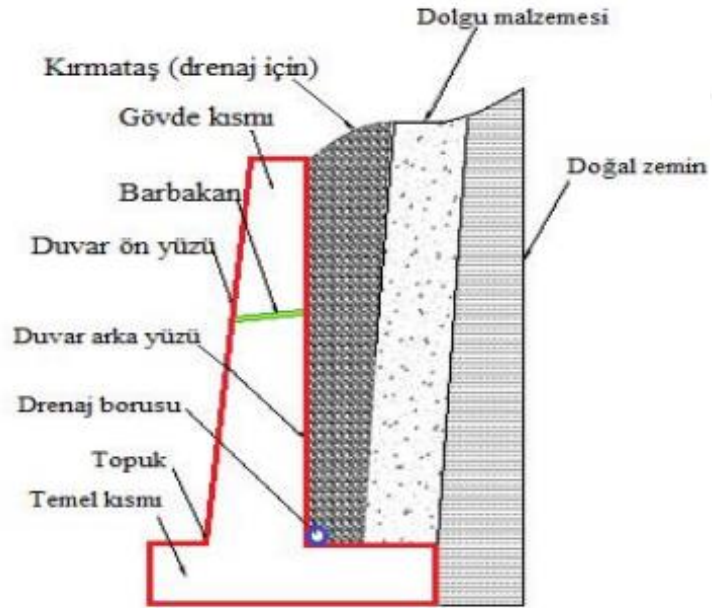
Bu doğrultuda arazi bölgesine ait bilgiler ve geoteknik açıdan incelenen veriler veri analizi bölümünde sunulmuştur. Yapılan bu tez çalışmasında geoteknik açıdan elde edilen veriler zemin profili ve parametreleri, kavşak köprüsüne ait sonuçlar, kavşak köprüsü kapalı kesim yaklaşım dolguları, donatılı toprak duvar betonarme duvarı analizi gibi farklı alt başlıklara ayrılarak verilmiştir. Yapılan tez çalışmasının son kısmında ise çalışmanın sonucu ve önerileri verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. İstinat Duvarları

İstinat duvarlarının kullanım amaçları incelendiği zaman çeşitli kotlarda bulunan farklı tür zeminlerin duruş şekillerini dikleştirmek ve herhangi bir göçmenin önüne geçebilmek amacıyla kullanıldığı sonucuna varılmıştır. Bu duruma ek olarak yapılan literatür çalışmalarının sonucunda kullanılan zeminlerin yapısının doğal veya dolgu olabileceği bulgusuna erişilmiştir (Yenidoğan, 2006).

İstinat duvarlarının yapısal özellikleri incelendiği zaman iki çeşit kısma ayrıldığı görülmektedir. Bu kısımlar temel ve gövde olarak isimlendirilmektedir. Ayrıca bu yapı üzerinde yer alan diğer bölümlerin barbakan, drenaj borusu, topuk ve kırmataş olarak isimlendirildiği sonucuna erişilmiştir. Bir istinat duvarının dolgu veya doğal zemine dayalı şekli ve kısımları aşağıda bulunan Şekil 2.1’de gösterilmiştir (Yenidoğan, 2006).



Şekil 2.1 : İstinat duvarının zemine dayalı hali (Yenidoğan, 2006).

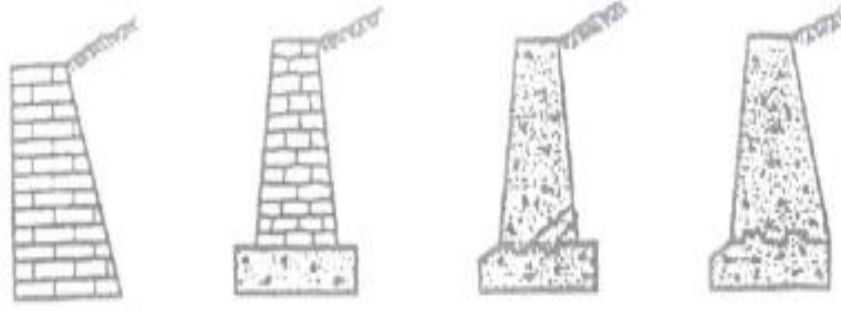
Literatürde yapılan araştırmaların sonuçlarına göre istinat duvarının kullanım alanları ve amaçları açısından farklı olanakların olduğu bulgusuna erişilmiştir (Soyluk ve Yavuz, 2009). Bu doğrultuda kullanım alanları arasında yamaç yolları, derin kazı alanları, apartmanların bodrum yapısı, köprü kenarları ve kanallar örnek olarak verilebilmektedir (Aka, 2001). Ayrıca kullanım amaçları arasında köprülü sistemlerde ayak rolünü üstlenmek, yapıların kaymasını ve erozyonu engellemek olduğu bulgularına erişilmiştir (Yenidoğan, 2006).

2.2. İstinat Duvarlarının Çeşitleri

Yapılan literatür taramaları sonucunda istinat duvarlarının temel olarak 2 ana gruba ayrıldığı görölmektedir. Bu doğrultuda istinat duvarlarının kütle olmayan ve kütle olan istinat duvarları olmak üzere isimlendirildiği görölmektedir. Bu iki grubunda kendi içlerinde alt sınıflara ayrıldığı bulgusuna erişilmiştir (Yenidoğan, 2006).

Kütle olmayan istinat duvarlarına bakıldığı zaman genel olarak herhangi bir bölge değişikliğine olanak sağlamadığı görölmektedir. Bu doğrultuda kullanım alanı olarak bodrum gibi yapıların duvarlarının ve köprülü sistemlerin giriş ile çıkış bölgesindeki ayaklarının tercih edildiği sonucuna erişilmiştir (Yenidoğan, 2006).

Kütle içeren istinat duvarlarına bakıldığı zaman ise genel olarak ağırlık içerdii görölmektedir. Bu duruma ek olarak ağırlık oranının yarıya indiği duvarlar, konsol duvar sistemleri ve payandalı duvarların literatürde kütle içeren istinat duvarları başlığı altında toplandığı görölmektedir (Kayhan ve Demir, 2016). Literatürde yapılan çalışmalar incelendiği zaman kütle istinat duvarlarının esnek tipe ve rijit tip olmak üzere 2 farklı alt grupta yer aldığı görölmektedir. Esnek tipe sahip ağırlık duvarları incelendiği zaman üç dört farklı çeşitte alt gruplara ayrıldığı sonucuna erişilmiştir. Bu gruplar arasında kaya, tel örgü, kafes ve donatılı sistemler bulunmaktadır. Rijit tip ağırlık duvarları literatürde taratıldığı zaman ise ağırlık, konsol ve payandalı istinat duvarları olmak üzere farklı şekilde sınıflandırıldığı sonucuna erişilmiştir (Yenidoğan, 2006). Bu duruma ek olarak kütle duvarlarına örnek olarak şekil 2.2’de farklı tipteki kütle duvarları gösterilmiştir.



Şekil 2.2 : Kütle duvarlarına örnekler (Yenidoğan, 2006)

Yapılan bu tez çalışmasında farklı tipteki istinat duvarlarının özellikleri literatür doğrultusunda araştırılmıştır. Elde edilen bulgular alt başlıklar halinde çalışmada özetlenmiştir.

2.2.1. Betonarme İstinat Duvarları

Betonarme istinat duvarları özellikle engebeli alanlarda çoğunlukla kullanılan bir istinat duvarı çeşididir (Ergün ve Yurtçu, 2007). Bu tür istinat duvarlarının seçilme nedenleri literatürde tarandığı zaman genel olarak ağırlıklı istinat duvarlarına oranla daha düşük maliyetli olması ve yatay ağırlıklara daha fazla karşı gelebilmesi olduğu sonucuna erişilmiştir (Öztürk, 2018). Genel olarak literatürde bu istinat duvarına çeşidine yönelik yapılan araştırmalar incelendiği zaman ağırlıklı olarak deprem çalışmalarında incelendiği bulgusuna ulaşılmıştır (Dalyan, Akin ve Arama, 2020).

2.2.2. Kafes Tipi Toprakarme Yapıları

Kafes tipi istinat duvarlarının özelliklerine bakıldığı zaman genel olarak yatay ve düşey hareketlere karşı yeterince esnek olmalarından dolayı kurulan yapının dengede kalması için kullanıldığı sonucuna varılmıştır (Yenidoğan, 2006). Genel olarak kafes sisteminin kullanım alanları ve kullanıldığı ülkeler incelendiği zaman Türkiye’de yeterince uygulama alanının olmadığı sonucuna erişilmiştir. Bu duruma ek olarak kullanım alanlarına bakıldığı zaman mimari çalışmalarda, beton ve sac çelik kullanılarak inşa edilen duvarlarda dünya genelinde sıklıkla kullanıldığı sonucuna erişilmiştir (Yenidoğan, 2006).

Kafes tipi sistemlerin kullanımı sonucunda çeşitli avantajların elde edildiği sonucuna varılmıştır. Bu avantajlar incelendiği zaman ön plana daha ucuz olması ve süreci kısaltacak derecede hızlı bir şekilde inşa edilebildikleri literatürde yer alan araştırmaların sonuçlarında bulunmaktadır (Yenidoğan, 2006). Bu duruma ek olarak yapılan araştırmalardan elde edilen verilere göre kafes tipi duvarların yapımı için herhangi bir uzmanlık gerekmediği bulgusuna erişilmiştir. Kafes tipi sistemlerin hareket etme özellikleri incelendiği zaman yatay ve düşey olarak 4 m ve 70 cm gibi uzunlukların ön plana çıktığı görülmektedir (Yenidoğan, 2006).

Yapılan literatür taramalarının sonuçlarına göre kafes tipi duvarların yapımı sürecinde önemli bir faktörün ön plana çıktığı görülmektedir. İnşa edilen kafes tipi duvarın yüksekliğinin 2 m'den daha az olması durumunda alt yapının güçlü bir kaya olması ve yahut öncelikli olarak betonarme sistemin inşa edilmesi gerektiği sonucuna erişilmiştir. Aşağıda yer alan Şekil 2.3'de kafes tipi istinat duvarına verilen örnekler yer almaktadır (Yenidoğan, 2006).



Şekil 2.3 : Kafes duvarlarına örnekler (Yenidoğan, 2006)

2.2.3. Tabaka Tipi Donatılı Toprakarme Sistemleri

Tabaka tipi donatılı toprakarme sistemleri literatürde taratıldığı zaman geotekstil maddelerinin sahip olduğu özellikler arasında polyester ve polipropilen maddelerin olduğu sonucuna varılmıştır (Yılmaz, 2018). Bu tür sistemlerde geotekstil yapılar tabakalar şeklinde alana yerleştirilmektedir. Dolgu maddesi de kullanılır sıkıştırılmış bir sistem elde edilmektedir (Yıldız, 2014).

Yapılan literatür taramaları doğrultusunda bu tür sistemlerde çeşitli yöntemlerle geotekstil ile toprakarme yapının yapılarının sabitlendiği sonucuna varılmıştır (Yıldız, 2014).

2.2.4. Şerit Tipi Donatılı Toprakarme Yapıları

Şerit tipi donatılı toprakarme yapıları üzerine literatür tarandığı zaman bu tip yapılar hakkında genel bilgilerin çalışmalarda yer aldığı gösterilmiştir (Totiç, 2018). Bu duruma ek olarak sürtünme kuvvetinin bu tür sistemlerde büyük önem arz ettiği bulgusuna erişilmiştir (Yılmaz, 2018).

Şerit tipi donatılı toprakarme yapılarının genel özellikleri arasında kullanılan dolgu maddesi ile yaptığı sürtünme kuvvetinin çalışma prensibinde önemli rol aldığı sonucuna erişilmiştir. Şeritli sistem olmasından kaynaklanarak sıkıştırılan dolgu ile bir taşıma sistemi kazanıldığı bulgusuna erişilmiştir (Yılmaz, 2018). Şerit tipi donatılı toprakarme yapılarına örnek olarak Şekil 2.4 oluşturulmuştur.



Şekil 2.4 : Bartın'da bulunan şerit donatılı toprakarme yapısı (Yılmaz, 2018)

2.2.5. Çubuk Tipi Donatılı Toprakarme Yapıları

Literatür taramaları sonucunda elde edilen bilgilere göre toprakarme yapılar arasında çubuk tipi sistemlerinde bulunduğu bulgusuna erişilmiştir (Yılmaz, 2018). Bu tür donatılı toprakarme yapılarında uzun süredir kullanılan ankrajlar monte sistemine benzediği sonucuna varılmıştır (Yıldız, 2014).

2.2.6. Lif Tipi Donatılı Toprakarme Yapıları

Bu tür sistemlerinin genel özelliklerine bakıldığı zaman lif maddesinin çekme gücünün fazla olmasından kaynaklı olarak sıklıkla kullanıldığı bulgusuna erişilmiştir (Totiç, 2018). Yapılan literatür taramaları sonucunda lif maddelerinin sınıflandırılması açısından doğal, sentetik ve yahut küçük boyutlu metal sistemlerin bulunduğu sonucuna erişilmiştir (Yıldız, 2014).

2.2.7. Gözenekli Donatılı Toprakarme Yapıları

Toprakarme yapıların gözenekli sınıfına bakıldığında ise genellikle zayıf temellerin üzerinde kullanıldıkları bulgusuna erişilmiştir (Yıldız, 2014).

2.3. Donatılı (Toprakarme) Duvar Sistemleri ve Tarihsel Gelişimi

Yapılan literatür taramaları sonucunda ilk defa donatılı istinat duvarının Amerika'da 1972 senesinde Güney Kaliforniya eyaletinde kullanıldığı bulgusuna erişilmiştir (Evirgen, Kelek, Acarca ve Tuncan, 2019). Bir Fransız mühendisi olan Henri Vidal 1960 senesinde donatılı zemin sistemini bulmuştur (Alkaya&Yeşil, 2012; Evirgen, Kelek, Acarca ve Tuncan, 2019).

Bu sistemin genel özelliklerine bakıldığı zaman toprak ve donatının kullanımına ve bu iki yapı arasındaki sürtünme miktarının oluşturduğu kompozit sisteminin dayanıklılığına bağlı olan bir istinat duvarı çeşididir (Alkaya&Yeşil, 2012). Bu duruma ek olarak literatür araştırmaları doğrultusunda donatılı sistemin toprakarme olarak da isimlendirildiği bulgusuna erişilmiştir (Evirgen, Kelek, Acarca ve Tuncan, 2019).

Yapılan literatür taramalarının sonuçlarına göre donatılı sistemlerin dünya üzerinde 60'tan daha fazla ülkede kullanımının geçtiğimiz 35 sene içerisinde arttığı sonucuna varılmıştır. Bu duruma ek olarak yüzey alanı olarak kapladığı miktara bakıldığında zaman 7700000 m² ve bu sistem ile kurulan yapı adetinin 23.500'ün üstünde olduğu bilgisine yapılan araştırmalar sonucunda erişilmiştir. Son yıllarda yapılan araştırmalara göre ülkemizde donatılı zeminin kullanıldığı alan olarak otoyolların ön plana çıktığı bilgisine ulaşılmıştır (Alkaya&Yeşil, 2012).

Sistemin tarihsel sürecine bakıldığında zaman öncelikli olarak Fransa, ABD, Japonya ve İngiltere gibi ülkelerde kullanıldığı sonucuna varılmıştır. Kullanım alanları araştırıldığı zaman ise ilk olarak dayanım yapılarında tercih edildiği ve daha sonra köprü kenar ayakları, deniz duvarları, kömür depolama yarıkları, dolgu takviyeleri, yumuşak zemin yapıları ve nehir duvarlarında kullanıldığı bulgusuna erişilmiştir (Alkaya&Yeşil, 2012).

Toprakarme sisteminin kullanıldığı alanlar araştırıldığı zaman genel olarak istinat duvarları, su sistemleri, köprü kenarlarının ayak kısımları, rampalar ve şev stabilizasyonun ön plana çıktığı bulgusuna erişilmiştir.

2.4. Toprakarme Duvar Sistemlerinin Avantajları ve Dezavantajları

Toprakarme duvar sistemlerinin avantajlarına ve dezavantajları literatürdeki birçok çalışmada yer aldığı sonucuna erişilmiştir. Toprakarme duvar sistemlerinin avantajlarına bakıldığında zaman diğer inşaat mühendisliği sistemlerine oranla çok daha fazla avantaja sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Alkaya&Yeşil, 2012).

Bu avantajlar şu şekilde sıralanabilmektedir;

- Esneklik
- Doğrudan doğruya sıkıştırılabilir temel zeminlerin inşası
- Çeşitli yüklere yönelik fazla mukavemet imkânı
- Farklı uygulamaların kullanılabilirdiği yapılarda montaj uygunluğu
- Düzgün yapı yüzeyinin farklı mimari sistemlerde elde edilmesi
- Kullanılan malzemelerden ve zamandan kazanım
- Yüksek duvarlı klasik yapılara oranla maliyetin düşük olması
- Geleneksel sisteme oranla deprem riskine karşı dayanıklılık

- Geleneksel ve zemin sistemleri kullanımıyla yapılamayacak yükseklikte (40 m civarı) duvarların inşa edilmesi

Bu duruma ek olarak çeşitli çalışmaların sonucuna göre daha farklı avantajların da elde edildiği bulgusuna erişilmiştir. Bu avantajlar arasında estetik görünüm de ön plana çıkmaktadır (Evirgen, Kelek, Acarca ve Tuncan, 2019).

Literatürde yapılan araştırmalar doğrultusunda toprakarme sisteminin avantajlarının diğer sistemlerle karşılaştırıldığı bulgusuna erişilmiştir. Bu doğrultuda toprakarme sisteminin betonarme sistemine oranla daha kısa sürede inşa edilebileceği bulgusuna ulaşılmıştır. Bu duruma ek olarak araştırmalarda ön plana çıkan bir diğer önemli sonucunda zayıf zeminlerin üzerinde dahi kolayca kullanılabilir olduğudur (Yılmaz, 2018).

Toprakarme sisteminin olumlu özelliklerinin çok olmasının yanında bazı olumsuz özelliklerinin literatürde yer aldığı çalışma sürecinde incelenen araştırmalarda yer alan bulgular arasındadır. Bu doğrultuda temelde 3 farklı olumsuz yönünün olduğu bulgusuna erişilmiştir (Yılmaz, 2018).

- İmzalanan şartlara uygun bir dolgu maddesinin kullanılması
- Kullanılan şerit tiplerinin imzalanan şartlara uyum sağlaması
- Büyük alanların stok işlemleri için gerekli olması

2.5. Toprakarme Duvar Sistemlerinde Kullanılan Malzemenin Seçimi

Literatürde toprakarme duvar sistemlerinin kullanıldığı araştırmalar incelendiği zaman malzeme seçimi yönünden çeşitli faktörlerin ön plana çıktığı sonucuna erişilmiştir. Bu faktörler arasında tasarım teriminin büyük önem taşıdığı bulgusuna erişilmiştir (Evirgen, Kelek, Acarca ve Tuncan, 2019).

Tasarım sürecinde önemli olan kriterler arasında literatürde ön plana çıkan maddeler donatı bölgesinin mekanik ve geometrik özellikleridir. Bu duruma ek olarak ise doğal zeminin parametreleri, dolgu malzemenin boyut dağılımı ve kullanılacak olan kaplama elemanlarının niteliği yer almaktadır (Evirgen, Kelek, Acarca ve Tuncan, 2019).

Donatı elemanı olarak kullanılan maddelere bakıldığı zaman ise çeşitli içeriklerin kullanıldığı ve bu içeriklere bağlı olarak genişlik ve kalınlıklarının değiştiği bulgusuna erişilmiştir (Evirgen, Kelek, Acarca ve Tuncan, 2019).

Çizelge 2.1 : Donatılı sistemde kullanılan şerit malzemelerinin özellikleri (Evirgen, Kelek, Acarca ve Tuncan, 2019)

Şerit Malzeme	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)
Galvaniz Kaplı Çelik	50-100	4-10
Paslanmaz Çelik	50-100	4-10
Alüminyum	50-100	4-10
Düz Yüzeyle Alüminyum	50-100	4-10

Yapılan literatür taramaları incelendiği zaman toprakarme zeminler için belirli standartlarında yer aldığı görülmektedir (Evirgen, Kelek, Acarca ve Tuncan, 2019). Bu doğrultuda Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Şartnamesi incelenmiştir. İncelenen şartnamenin sonuçlarına göre dane miktarı %15'den az olan ve iyi olarak ölçeklendirilmiş dolgu malzemelerinin düzgünlük katsayısı 5'den daha büyük olmalıdır (Karayolları Teknik Şartnamesi, 2013).

Ayrıca elde edilen bilgilere göre plastisite indeksinin de %6'dan küçük olması gerekmektedir (Evirgen, Kelek, Acarca ve Tuncan, 2019).

Bu doğrultuda ayrıca genel olarak hükmü olan standartlar incelendiği zaman TS EN 7994'ün ön plana çıktığı görülmektedir (TS7994, 1990). Bu standardın içeriğine göre dolgu malzemesi granüler olduğu takdirde içerdiği ince malzemenin %10'dan fazla olmaması gerekmektedir (Evirgen, Kelek, Acarca ve Tuncan, 2019).

2.6. Türkiye’de Toprakarme Duvar Sistemlerinin Kullanıldığı Çalışmalara Örneklere

Toprakarme sisteminin kullanıldığı alanlar çalışmanın ön kısımlarında da incelenmiştir. Bu doğrultuda genel olarak istinat duvarları, su sistemleri, köprü kenarlarının ayak kısımları, rampalar ve şev stabilizaasyonun ön plana çıktığı bulgusuna erişilmiştir.



Şekil 2.5 : Bursa Osmangazi’de bulunan pınar köprülü kavşağı (Evirgen, Kelek, Acarca ve Tuncan, 2019).



Şekil 2.6 : Kütahya’da bulunan tavşanlı yolu (Evirgen, Kelek, Acarca ve Tuncan, 2019).



Şekil 2.7 : Kütahya – Afyon yolu (Evirgen, Kelek, Acarca ve Tuncan, 2019).



Şekil 2.8 : Gölkıy köprülü kavşağı (Evirgen, Kelek, Acarca ve Tuncan, 2019).

Toprakarme sisteminin istinat duvarları üzerinde kullanılması sonucunda elde edilen yapılara örnek olarak Şekil 2.9 oluşturulmuştur.



Şekil 2.9 : Toprakarme yapıya örnek (Yılmaz, 2018).

Toprakarme sisteminin sulu alanlarda kullanılması sonucunda elde edilen yapılara örnek olarak Şekil 2.10 oluşturulmuştur.



Şekil 2.10 : Toprakarme yapıya sulu alan örneği (Yılmaz, 2018).

Toprakarme sisteminin köprülü çalışmalarda kullanılması sonucunda elde edilen yapılara örnek olarak Şekil 2.11 oluşturulmuştur.



Şekil 2.11 : Toprakarme yapıya köprü örneği (Yılmaz, 2019).

Toprakarme sisteminin köprülü ve kavşaklı sistemlerde kullanılması sonucunda elde edilen yapılara örnek olarak Şekil 2.12 oluşturulmuştur.



Şekil 2.12 : Toprakarme yol örneği (Yılmaz, 2019).

Toprakarme sisteminin eğimli yamaçlarda kullanılması sonucunda elde edilen yapılara örnek olarak Şekil 2.13 oluşturulmuştur.



Şekil 2.13 : Eğimli yamaç örneği (Yılmaz, 2019).

2.7. Toprakarme Sistemlerinde Hesap Yöntemleri

Literatürde yapılan araştırmaların sonuçlarına göre toprakarme sistemlerine yönelik yapan hesap yöntemlerinin temel olarak üç farklı gruba ayrıldığı sonucuna varılmıştır. Bunlar çalışan yükler, limit durum ve deformasyon kontrol yöntemleridir (Yıldız, 2014).

Çalışan yükler yöntemi literatürde çeşitli araştırmalar doğrultusunda incelendiği zaman belirli kriterlerin göz önünde bulundurulması gerektiği sonucuna varılmıştır. Çalışan yükler yöntemi ile yapılan hesaplamada düşey lokasyonlarının ve mesafelerinin tanımlanması ve işlemin yapılacağı alanda bulunan zeminin özellikleri altında gerilmelerin hesaplanması yapılmaktadır. Bu duruma ek olarak bütün donatı seviyelerinde iç stabilite denetlenmesi yapılarak tahmini göçme dayanımları hesaplanmaktadır (Yıldız, 2014).

Limit durum yöntemi de toprakarme sistemlerinde kullanılan bir hesap yöntemidir. Bu yöntem aracılığıyla toprakarme yapının hem iç hem de dış stabilite analizleri gözden geçirilmektedir. Bu duruma ek olarak ise ayrı ayrı gözlemlenen analizinin yanında elde edilen sonuçlar bir bütün olarak da değerlendirilir (Yıldız, 2014).

Literatürde yapılan araştırmalar sonucunda limit durum yönteminde ön plana çıkan belirli maddelerin olduğu sonucuna varılmıştır. Bu maddelerden ilkinin toprakarme sistemin bir blok olarak kabul edilmesi yer almaktadır (Yıldız, 2014).

Toprakarme sistemi blok olarak seçildikten sonra bloğun dış tarafından geçecek şekilde kritik kayma yüzeyleri tespit edildikten sonra dış stabilite analizleri yapılmaktadır. Bu duruma ek olarak kritik kayma yüzeylerinin toprakarme dolgusunun iç tarafından ve dış tarafında temas ettiği durumlar için iç iç ve dış stabilitelelerinin kombinasyonları da hesaba katılmaktadır (Yıldız, 2014).

Deformasyon kontrol yöntemine bakıldığı zaman ise diğer iki yöntemden ayrı olarak farklılaştığı görülmektedir. Diğer iki yöntemden farklı olarak yapısal performans göz önüne alınmaktadır. Dolayısıyla bu aşamada deformasyon kontrol yöntemi olarak oluşabilecek herhangi bir yatay ve düşey deformasyonların tahmini kullanılmaktadır. Bu duruma ek olarak oturma analizinin yapılabilmesi için toprakarme yüzey panellerinin altında ve geri dolgu süresince verilerin not alınması gerektiği sonucuna yapılan araştırmalar doğrultusunda ulaşılmıştır (Yıldız, 2014).

Literatürde yapılan araştırmalar doğrultusunda donatı tipinin de hesaplamalar üzerinde etkisi olduğu bulgusuna erişilmiştir. Bu doğrultuda uzayamayan donatılı sistemler ve uzanabilen donatılı sistemler olmak üzere iki temel faktöre dikkat edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (Elias, 2001).

Elias,V., Christopher,B.R., Berg, R.R., (2001). "FHWA-NHI-00-043: Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes Design and Construction Guidelines" Woodbury, USA

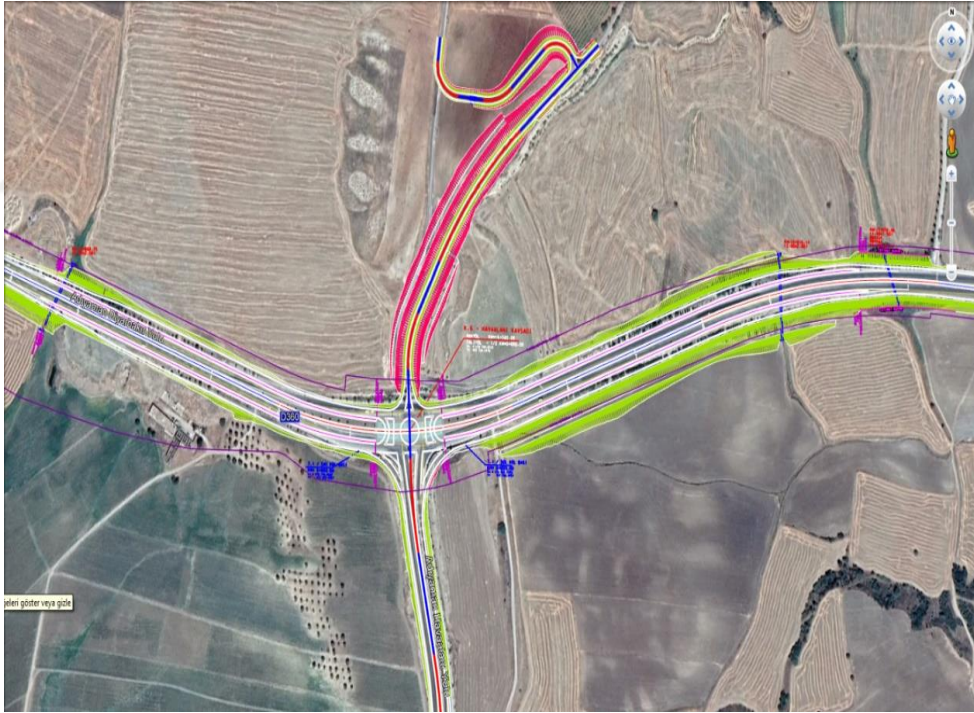
Yıldız, T. Aşırı Yüklemler Altında Toprakarme İstinat Yapılarının Tasarımı. T.C. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.

3. METODOLOJİ

Yapılan bu tez çalışmasında Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü ve Karayolları 8.Bölge Müdürlüğü kapsamında bulunan "Gölbaşı-Adıyaman-Kâhta yolu (Km 0+000-44+500 ve Km 59+000-98+000) Yapım İşi" incelenecektir. Bu doğrultuda çalışmada yer alan Havaalanı Kavşağının km'si 15+945.000 - 16+919.542'dir.

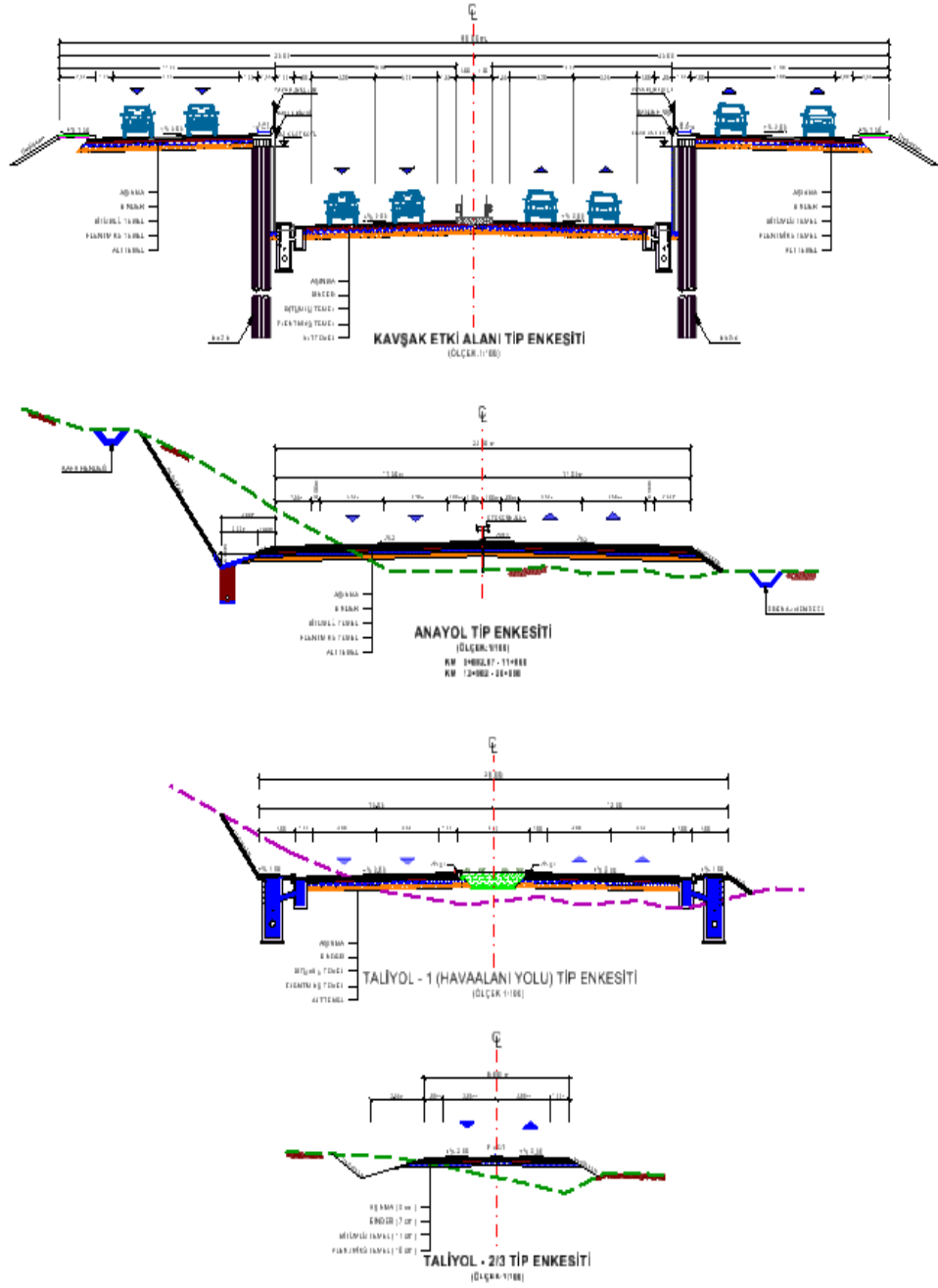
Yapılacak olan bu araştırmanın temel hedefi Adıyaman Havaalanı kavşağında meydana gelen ulaşım sürecinin güvenliğinin artırılması, konforun sağlanması ve yol standardının genişletilmesidir. Dolayısıyla yapılan bu çalışmada donatılı toprak duvarla yapılan Kavşak Köprü'süne ait geoteknik analizler sunulacaktır.

Yapılan çalışmada çalışmanın geçtiği yerin görüntüsü aşağıda bulunan Şekil 3.1'de yer almaktadır.



Şekil 3.14: Kavşak bölgesinin Google Earth aracılığıyla elde edilen görüntüsü

Bu projede işlenecek olan tip kesit görüntüsü aşağıda yer alan Şekil 3.2’de sunulmuştur.



Şekil 15 : Projeye ait tip kesit görüntüsü

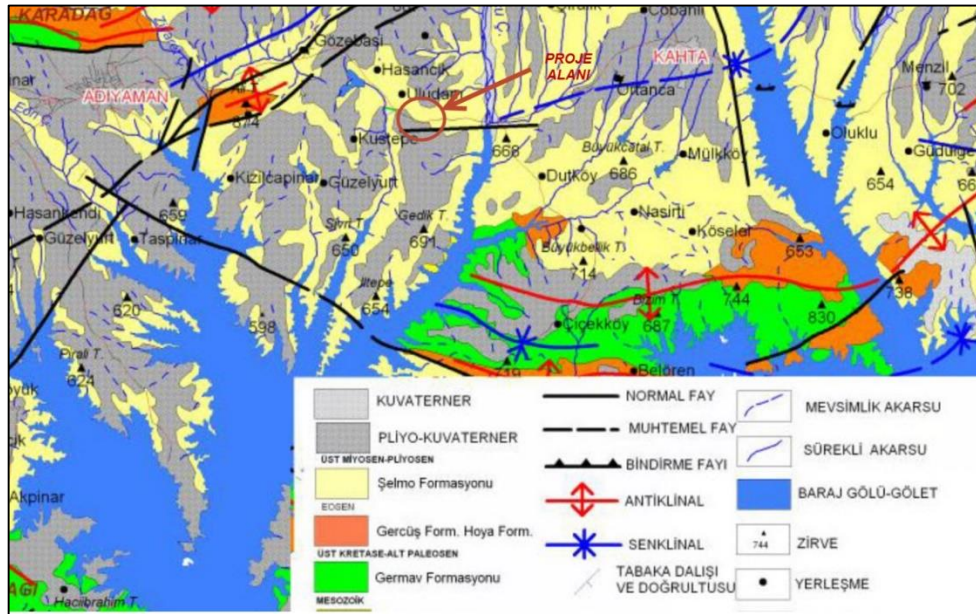
Çalışmanın yapılacağı yerin görüntüleri aşağıda yer alan görsellerde sunulmuştur.





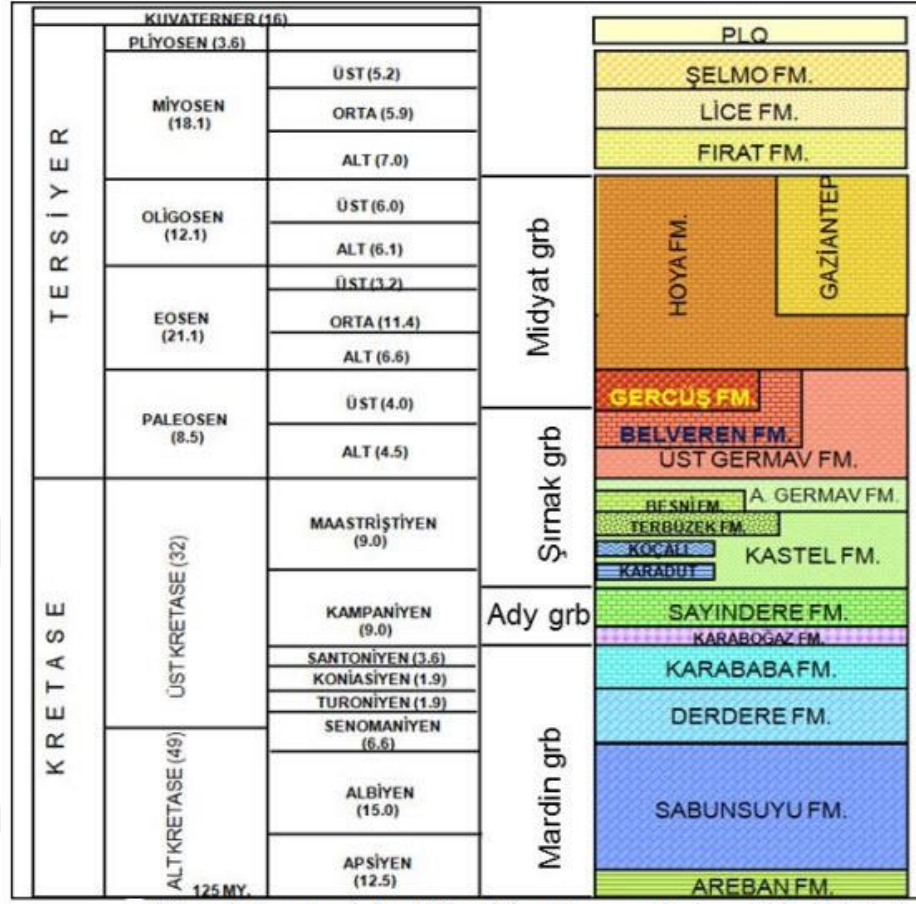
Şekil 16 : Kavşak bölgesinin görüntüleri

Çalışma alanının jeolojik özelliklerine bakıldığı zaman Adıyaman Mesozoyik bölgesinin Güneydoğu Toroslar kuşağında yer aldığı görülmektedir. Adıyaman Mesozoyik oluşumundan bugüne kadar gelen magmatik, metamorfik ve sedimenter kayalardan oluşan birimlerin görüldüğü sonucuna erişilmiştir. Bu birimler incelendiği zaman en yaşlı olanın dağlık bölgelerde yer alan bindirme kuşağında ve yer yer havza tabanında aflore olan Mesozoyik birimlerin olduğu bulgusuna erişilmiştir. Pliyo-Kuvaterner depolarının aşındırıldığı ve yahut faylı bölgelerde Eosen kalkerleri antiklinal yapılarının yer aldığı görülmektedir. Bu duruma ek olarak taban arazinin Pliyo-Kuvaterner dolgularından oluştuğu görülmektedir. Ayrıca bölgenin jeolojik özellikleri incelendiği zaman en genç oluşumların vadi tabanı ve seki sistemlerinde görülen Kuvaterner alüvyonlar olduğu bulgusuna erişilmiştir.



Şekil 3.4 : Proje bölgesinin jeolojik haritası

Statigrafi olarak ise çalışma bölgesinde ve yakınında yer alan arazilerin statigrafik kolon kesitleri aşağıda bulunan Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Kuzey alanlarındaki birimlerin stratigrafisi (Güven ve diğ., 1991).

Şekil 3.5: Statigrafik kolon kesitleri

4. VERİ ANALİZİ

4.1. Arazi Bölgesine Ait Veriler

Adıyaman Havaalanı Kavşağı'nın özelliklerini tanımlamak için arazi çalışmaları yapılmıştır. Bu doğrultuda bölgenin jeolojik haritası hazırlanmış ve sondaj yapılabilecek lokasyonları belirlenmiştir. Elde edilen sondajların kuyu listeleri aşağıda yer alan Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 : Sondaj kuyu listesi

NO	SONDAJ NO	KM	KORDİNAT			AÇIKLAMA
			Y	X	Z (m)	
1	SK-1	16+250	4179796	433200	666	Duvar
2	SK-2	16+350	4179805	453307	666	Köprü
3	SK-3	16+410	4179794	453359	665	Köprü
4	SK-4	16+500	4179834	453455	662	Duvar
5	SK-5	16+900	4179913	453832	631	Dolgu

Çizelge 4.2 : Araştırma Çukuru Listesi

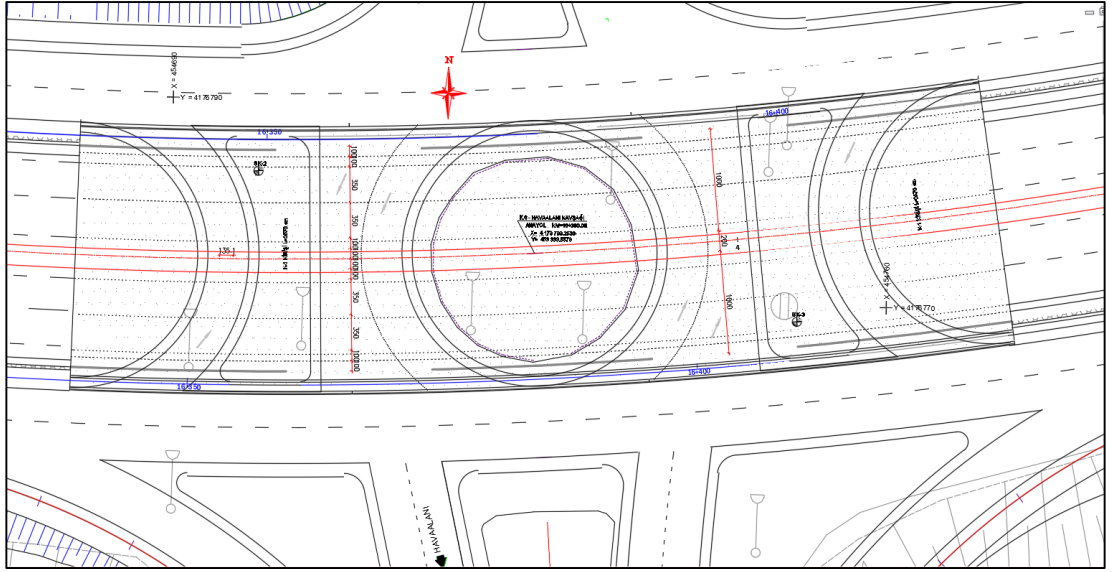
NO	SONDAJ NO	KM	KORDİNAT			AÇIKLAMA
			Y	X	Z (m)	
1	AÇ-1	0+080	4179879	453331	682	Yarma
2	AÇ-2	0+370	4180110	453498	696	Yarma
3	AÇ-3	16+540	4179799	453492	654	Dolgu

Kavşak alanının konumu ve sondaj lokasyonları Jeolojik-Jeoteknik genel yerleşim plan ve profilinde gösterilmiştir.

4.2. Geoteknik Açından Elde Edilen Veriler

"Gölbaşı – Adıyaman – Kahta Yolu (Km 0+000-44+500 ve Km 59+000-98+000) Yapım İş'i" kapsamındaki Havaalanı Kavşağı Kavşak Köprüsü için temeller donatılı toprak duvar üzerine oturacak şekilde projelendirilmiştir.

Kavşak kesiminin başlangıcı yaklaşık 15+945-15+980 km'dir. Bu duruma ek olarak kavşak kesiminin bitiş kısmı yaklaşık 16+895-16+904.688 km'dir. Yapılan çalışmada sığ dolgular Tip-1 ano-ano betonarme duvarla geçilmiştir. Bu araştırmada yapılacak olan havaalanı kavşağı kavşak köprüsünün genel yerleşim planı Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Havaalanı kavşağı kavşak köprüsünün genel yerleşim planı

4.2.1. Zeminin Profili ve Parametreleri

Yapılan araştırmada havaalanı kavşağı için toplamda 5 tane olmak üzere SK-1, SK-2, SK-3, SK-4 ve SK-5 sondaj kuyusu oluşturulmuştur. Kavşak köprüsünün olduğu bölümde yer alan sondajlar SK-2 ve SK-3'tür. Çalışmada yer alan sondajlar aracılığıyla elde edilen örnekler üzerinde gerekli olan deneyler yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda geoteknik özellikler açığa çıkartılmıştır.

Yapılan araştırmada sondaj kuyuları sayesinde elde edilen veriler, arazi araştırmaları, karot görselleri ve deney sonuçları kullanılarak geoteknik tasarım ve değerlendirmeler ortaya çıkartılmıştır. Aşağıda maddeler halinde sondajlardan elde edilen numunelerin özellikleri yer almaktadır.

- SK-1 sondajı: 0.00 ile 0.50 m arasında kahve renkli çok katı kil, 0.50 ile 20.00 m arası kahve grimsi renkli az-orta derecede ayrılmış orta-zayıf dayanımlı Çamurtaşının yer aldığı sonucuna varılmıştır.
- SK-2 sondajı: 0.00 ile 2.00 m arası kumlu-killi çakıl bloklu dolgu, 2.00 ile 30.00 m arasında ise yeşilimsi gri renkli orta-çok derecede ayrılmış, orta-zayıf dayanımlı yer yer parçalı Marn birimleri gözlemlenmiştir.

- SK-3 sondajı: 0.00 ile 0.70 m arasında kahve renkli çok katı kil, 0.70 ile 30.00 m arası yeşilimsi gri renkli orta-çok derecede ayrılmış, orta-zayıf dayanımlı yer yer parçalı Marn birimleri görülmektedir.
- SK-4 sondajı: 0.00 ile 1.50 m arasında kahve renkli çok katı kil, 1.50 ile 17.00 m arası kahve-grimsi renkli az-orta derecede ayrılmış orta-zayıf dayanımlı Çamurtaşı, 17.00 ile 20.00 m arasında ise yeşilimsi gri renkli orta derecede ayrılmış zayıf-çok zayıf dayanımlı Marn birimleri gözlemlenmiştir.
- SK-5 sondajı: 0.00 ile 3.00 m arasında kumlu-killi çakıl bloklu dolgu, 3.00 ile 6.00 m arası kahve renkli çok katı kil, 6.00 ile 20.00 m arası kahve renkli çok- yer yer az derecede ayrılmış zayıf-çok zayıf dayanımlı Çamurtaşı birimler ile karşılaşmaktadır.

Bu duruma ek olarak sondajların yaklaşık 5. metrelerde yer altı suyu gözlemlenmiştir.

Sondaj kuyularından alınan karot numuneleriyle nokta yükleme dayanım (Is50) deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen veriler aşağıda yer alan Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3 : SPT/LAB deneyinin verileri

SK NO	SPT/ LAB.			
	Kaya Cinsi	Derinlik (m)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Nokta Yüklü Dayanımı (MPa)
SK-1	Çamurtaşı	5.00-5.20	20.74	0.21
SK-1	Çamurtaşı	8.80-9.00	21.66	0.25
SK-1	Çamurtaşı	17.40-17.60	22.12	0.19

SK-2	Marn	3.60-3.80	23.22	0.35
SK-2	Marn	19.00-19.20	22.18	0.30
SK-2	Marn	26.60-26.80	21.45	0.22
SK-3	Marn	4.20-4.40	20.93	0.17
SK-3	Marn	7.30-7.50	22.13	0.21
SK-3	Marn	16.00-16.20	21.41	0.27
SK-4	Çamurtaşı	2.40-2.60	20.27	0.17
SK-4	Çamurtaşı	11.20-11.30	20.84	0.16
SK-4	Marn	18.90-19.10	22.19	0.21
SK-5	Çamurtaşı	8.80-9.00	22.74	0.26
SK-5	Çamurtaşı	15.90-16.10	22.24	0.31
SK-5	Çamurtaşı	18.70-18.90	21.34	0.18

Arazide yapılan jeolojik gözlemlere ve sondaj kuyularına göre idealize profili çıkartılmıştır. Donatılı toprak yapısı ile geçen köprü marn ve çamurtaşı birimlerin

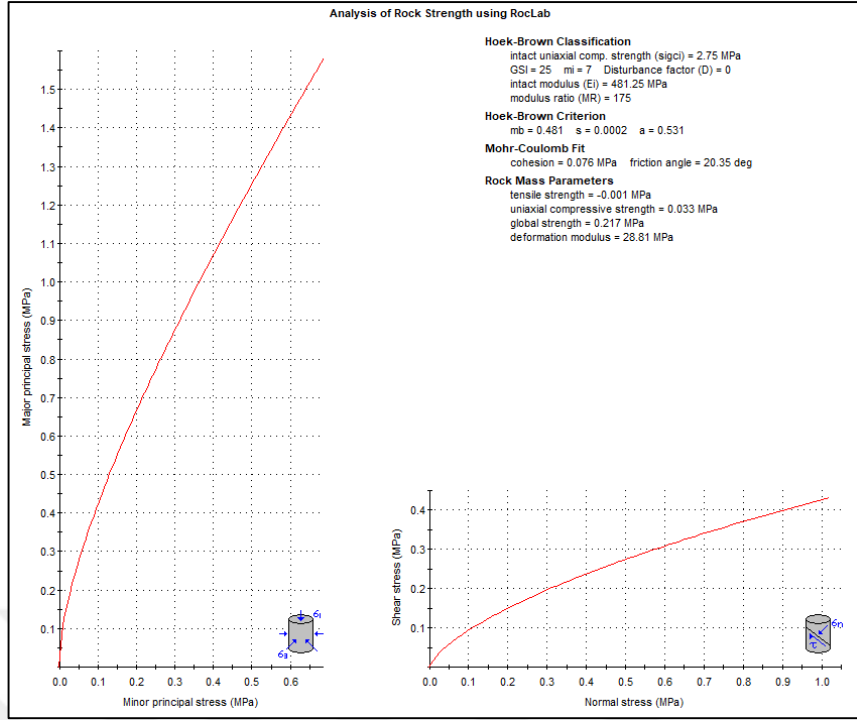
ayrışması sonucu oluşan kil birim içerisinde oluşturulacaktır. Yapılan araştırma çalışmalarına göre zemin idealize edilerek ilk 6 metrelik kesimin marn ve çamurtaşı birimlerin ayrışması sonucu oluşmuş kil birim tabakası, alt kotların ise marn-çamurtaşı birimler olduğu hipotezi oluşturulmuştur.

Çizelge 4.4 : Yapılan çeşitli analizlerin sonuçları

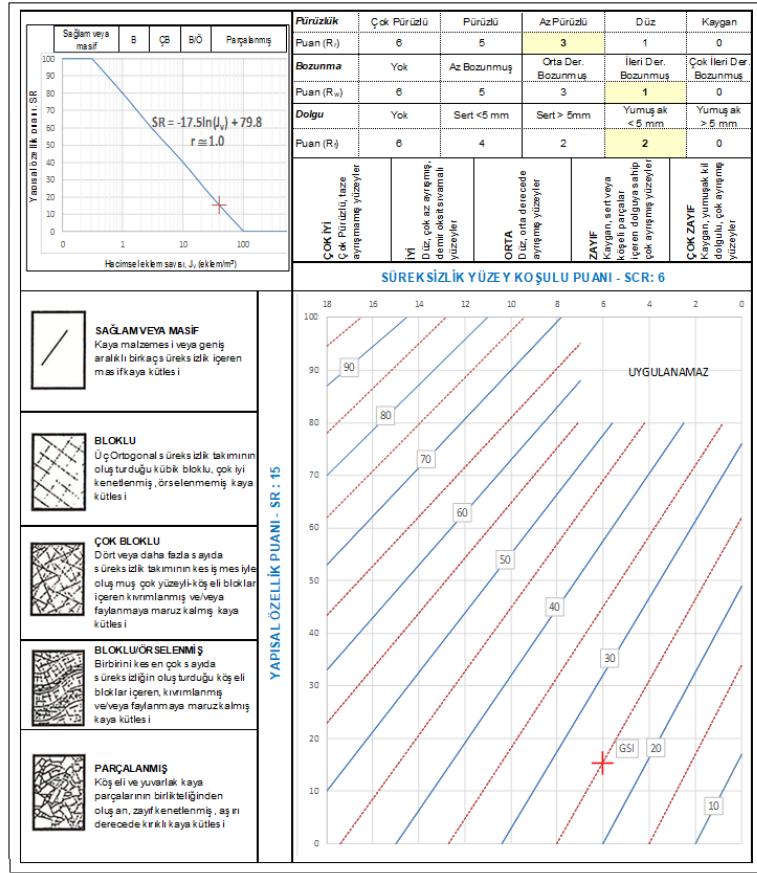
Yüksek Plastisiteli Kil (CH) (0.00 – 6.00 m):	
<ul style="list-style-type: none"> • Tüm SK verilerinde ortalama ve alınan UD numuneleri sonuçları <ul style="list-style-type: none"> ○ Zemin sınıfı/PI/LL : CH /33 /59 ○ Ort. SPT : 28 ○ Düzeltilmiş SPT, N_{60} : 21 ○ Zemin kıvam/sıklık : Çok Katı ○ Zemin Su muhtevası (w_n) : %27 ○ Zemin doğal bha (γ_n) (Lab.Deney) : 17.85 kN/ m³ ○ Su Derinliği (Yass) (m) : - m 	
<u>Zemin kayma mukavemeti değıştirgeleri:</u>	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Drenajsız İçsel Sürtünme Açısı, ϕ_u : 3° 	<ul style="list-style-type: none"> ○ SK-1 ve SK-4 sondaj verisinden alınan UD numunesinde yapılan deney sonuçları ortalaması
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Drenajsız Kohezyon, c_u : 95,5 kPa 	<ul style="list-style-type: none"> ○ SK-1 ve SK-4 sondaj verisinden alınan UD numunesinde yapılan deney sonuçları ortalaması (65 kPa) ile Straud (1974)'un önerdiği abak yardımı ile SPT N 28 ve PI=33 için $f_1 = 4.5 \text{ kN/m}^2$ seçilmiştir. Bu durumda $C_u = 4.5 * 28 = 126 \text{ kPa}$ bulunmaktadır. Her iki değerin ortalaması alınmıştır.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efektif İçsel Sürtünme Açısı, ϕ' : 28° 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Terzaghi, Peck ve Mesri (1996) literatür verilerine göre plastisite indisi 33 olan katı kil birim için önerilen değerdır. (Ek-A)
<ul style="list-style-type: none"> • Efektif Kohezyon, c' : 10 kPa 	<ul style="list-style-type: none"> ○ TS498 Çizelge-2 literatür verilerine göre katı nitelikte, $50 < LL$ kil zemin sınıfında tanımlanan birim için önerilen değerdır. (Ek-A)

Çizelge 4.5 : Marn ile ilgili sonuçlar

Marn (6.00- 30.00 m)	
Kaya Birim Hacim Ağırlığı:	$\gamma_n: 21.8 \text{ kN/m}^3$
○ SK-2 ve SK-3 marn birimden elde edilen verilerin ortalama değeri	
• Kaya Tek Eksenli Basınç Dayanımı: $q_u: 2.75 \text{ MPa}$	
○ SK-2 ve SK-3 marn birimden alınan karot numuneleri laboratuvar deney sonucuna göre, nokta yükü dayanım sonuçlarının ortalaması 0.25 MPa bulunmaktadır. Nokta yükünü tek eksenli basınç dayanımına dönüştürürken gerekli olan katsayı için, Bowden (1998) marn için önerdiği minimum değer olan 11 alınmıştır (bkz Ek-A Kısım-F). Bu durumda, $0,25 \cdot 11 = 2.75 \text{ MPa}$ olarak dönüştürülmüştür.	
• Poisson Oranı $\mu: 0.30$	
Marn için literatür verilerinin ortalaması (EK-A)	
• Kaya Kütle Özellikleri	
○ Arazi gözlemleri, araştırma verileri ve jeolojik birim tanımları dikkate alınarak belirlenen Jeolojik Dayanım Indisi (GSI) değeri için RocLab Freeware programı kullanılmıştır. Buna göre belirlenen kaya kütle özellikleri aşağıdaki gibidir:	
▪ Kaya kütle kohezyon değeri: 76 kPa	
▪ Kaya kütle sürtünme açısı: 20.35°	
▪ Kaya kütle Elastisite Modülü: 28.81 MPa	
• GSI Değeri: Saha gözlemleri ve sondajlı araştırma çalışmaları karot numunelerine göre marn için seçilen değer. (GSI=25)	
• Mi Değeri: Programda doğrudan tanımlı olan marn esas alınarak seçilmiştir.	



Şekil 4.2 : Marn birim için RocLab program verileri

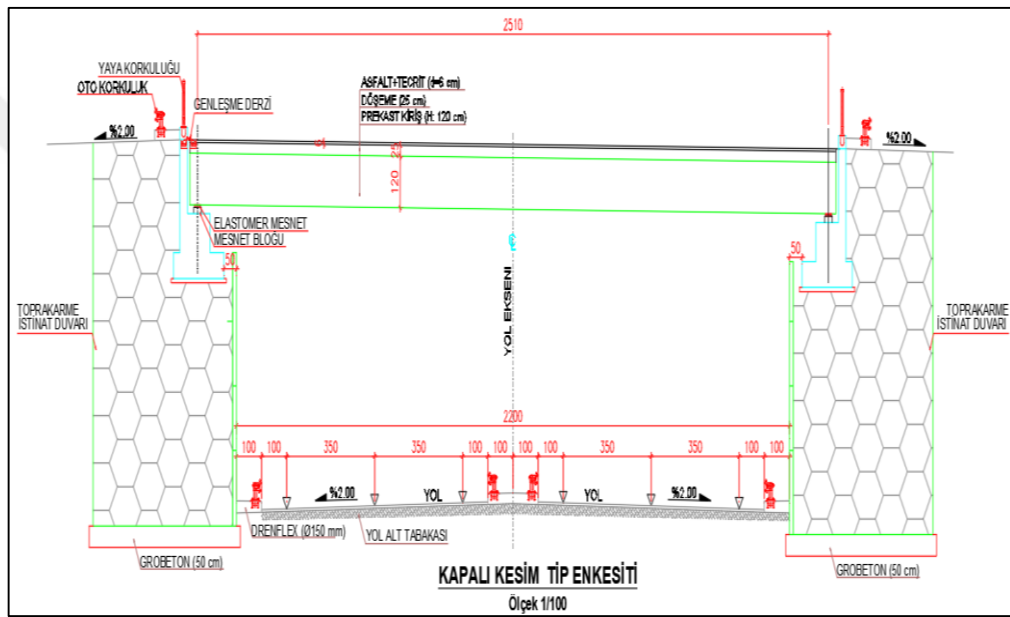


Şekil 4.3 : Marn birim için GSI seçimi

4.2.2. Kavşak Köprüsüne Ait Sonuçlar

4.2.2.1. Kavşak Köprüsü Kapalı Kesit Taşıma Gücü Hesabı

Çalışmada yer alan bu kısım havaalanı kavşağındaki donatılı toprak duvar dolgusunun en yüksek olduğu ve Kavşak Köprüsü ile geçilen en kritik bölgedir. Dolayısıyla maksimum durumdaki bu bölge için taşıma gücü analizi ve otuma değerlendirilmeleri yapıldığı zaman kalan bölgelerde de taşıma gücü ve oturma açısından sorun olmayacağı düşünülmektedir. Aşağıda yer alan Şekil 4.4' te kavşak köprüsünün kapalı kesim tip kesiti gösterilmiştir.



Şekil 4.4 : Kavşak köprüsü kapalı kesim tip kesiti

Bu çalışmada taşıma gücünün hesap işlemlerinde dikkate alınan bölgenin Kavşak Köprüsü'nin kirişli kesiminde yer alan temelin alt bölgesinde bulunan bölge seçilmiştir. Bu bölgenin seçilme amacı ise en çok gerilime maruz kalan bölge olmasıdır. Bu duruma ek olarak ana boyutlarının büyümesinden kaynaklı olarak taşıma gücünün artacağı ve böylelikle de bu kritik bölgenin değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Köprü kenar ayaklarının kristen gelen yük ve köprü temelinin altında yer alan bölgede dolgunun ağırlığının hesaplanması sonucunda köprü temel alanı kadar bir alandan doğal zemine etkilediği hipotezi kurulmuştur.

Köprü zati ve hareketli yükünden dolayı temelde oluşacak gerilme;

$$\sigma_1 = 332 \text{ kPa' dır.}$$

Dolgu ağırlığından kaynaklı olarak dolgu zemininde oluşacak olan gerilme miktarı;

$$\sigma_2 = 5.82 \times 21 = 122.22 \text{ kPa' dır.}$$

Dolgu tabanında oluşacak toplam gerilme ise;

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = 332 + 122.22 = 454.22 \text{ kPa olarak hesaplanmıştır.}$$

Taşıma gücü kapasitelerinin tayininde ise Meyerhof (1963), Hansen (1970) ve Vesic (1973) tarafından önerilen metot kullanılmıştır. Bu doğrultuda temel derinlik (D) 0,6 m, temel genişlik (B) 2 m ve temel uzunluk (L) 36 m olarak hesaplanmıştır. Bu boyutlar doğrultusunda gerekli olan hesaplamalar yapılmıştır ve bu hesaplamaların sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Kenar Ayak için Temel Boyutları			
Temel derinliği	D	m	0,6
Temel genişliği	B	m	2,0
Temel uzunluğu	L	m	36,00
Avan projede verilen değer			

Araştırma Verileri ve Zemin Jeoteknik Değişirgeleri			
Ortalama SPT değeri	N	-	28,0
Derinlik düzeltilmeli SPT değeri	N ₆₀	-	21,0
Derinlik düzeltilmeli SPT değeri	N ₇₀	-	18,0
Zemin birim hacim ağırlığı	γ_n	kNm ³	17,9
Temel tabanında efektif gerilme	σ'_o	kPa	10,7
Temel tabanında toplam gerilme	σ_o	kPa	10,7
Zemin sürtünme açısı	ϕ	kPa	28,0
Zemin kohezyon değeri	cu	kPa	95,5

Yeraltı Su Seviyesi (YASS) Etikisi			
Su seviyesi derinliği (YASS)	D _w	m	5,0
YASS etkili taşıma zonu derinliği	H _b	m	1,7
Temel tabanından su derinliği	d _w	m	4,4
Temel seviyesinde efektif b.h.a.	γ'_e	kNm ³	17,9
YASS Kama altındadır Efektif bha için düzeltmeyoktur.			

Kenar Ayak için İkincil Taşıma Gücü Faktörleri				
		Hansen	Meyerhof	Terzaghi
Taşıma Gücü Faktörleri				
N _q		1,00	1,00	1,00
N _c		5,14	5,14	5,70
N _{γ}		0,00	0,00	0,00
Şekil Faktörleri				
s _q		1,00	1,00	
s _c		1,01	1,01	1,30
s _{γ}		0,98	1,00	0,80
Derinlik Faktörleri				
d _q		1,09	1,05	
d _c		1,00	1,06	
d _{γ}		1,00	1,05	
B>2m için Bowles düzeltmesi	r _{γ}		1,00	

Taşıma Gücü Değeri (cN_cS_cd_c+q'N_qS_qd_q+0.5γ'B'N_{γ}S_{γ}d_{γ}r_{γ})			
		Hansen	Meyerhof
c N _c S _c d _c		496,3	526,1
q' N _q S _q d _q		11,7	11,2
0,5 γ' B N _{γ} S _{γ} d _{γ} r _{γ}		0,0	0,0
Sınır Taşıma Gücü	Q _{ult}	kPa	508,0
Güvenlik Katsayısı	GK	-	3,0
İzin Verilir Taşıma Gücü	Q_{all}	kPa	174,2

Taşıma Gücü Değeri (cN_cS_c+q'N_q+0.5γ'B'N_{γ}S_{γ})			
			Terzaghi
c N _c S _c			707,7
q' N _q			10,7
0,5 γ' B N _{γ} S _{γ}			0,0
Sınır Taşıma Gücü	Q _{ult}	kPa	718,4
Güvenlik Katsayısı	GK	-	3,0
İzin Verilir Taşıma Gücü	Q_{all}	kPa	239,5

Ortalama Taşıma Gücü	
	206,8 kPa

Şekil 4.7 : Marn-Çamurtaşı biriminin ayrışma ürünü olan kil birim için taşıma gücü analizi

Marn ve çamurtaşı birimin ayrışma ürünü olan kil birim için yapılan taşıma gücü analizlerinde, kirişlerden temele gelen yük ve dolgu yükünü taşıyamayacak nitelikte olduğu görülmüştür. Bu durumun nedeni ise servis durumunda zemine etkileyecek olan gerilmenin $454.22 \text{ kPa} > 206.8 \text{ kPa}$ olmasından kaynaklandığı görülmektedir.

Dolayısıyla ayrışma ürünü olan kil birimin kapalı kesit boyunca yani yaklaşık olarak Km: 16+330.00-16+432.00 (sağ ve sol kesimler) aralığında 2 metre sıyrılarak yerine iyileştirme malzemesi olarak suya hassas olmayan çakıl nitelikli ariyet malzemesi ile teşkil edilmesi uygun görülmüştür.

Çizelge 4.6 : Zemin sıyrılmasından sonra serilecek olan dolgu malzemesinin verileri

Zemin sıyrılması sonrası serilecek dolgu malzemesi (GC-GP-GW-GM)	
<ul style="list-style-type: none">• Birim Hacim ağırlığı, $\gamma_n : 19.0 \text{ kN/m}^3$• Efektif İçsel Sürtünme Açısı, $\phi' : 36^\circ$<ul style="list-style-type: none">○ Tanımlanan zemin için Navfac Design Manual'den seçilen değer	
<ul style="list-style-type: none">• Efektif Kohezyon, $c' : 5 \text{ kPa}$<ul style="list-style-type: none">○ Malzemenin dolgu imalatı aşamasında sıkıştırma neticesinde kazanacağı temsili kohezyon değeri olarak seçilmiştir.	

Zemin sıyrılması sonrası serilecek dolgu malzemesi (GC-GW-GP-GM) için taşıma gücü analizi yapılmıştır. Bu analizin sonuçları aşağıda yer alan Şekil 4.8’de detaylı bir şekilde gösterilmiştir.

Kenar Ayak için Temel Boyutları

Temel derinliği	D	m	0,6	
Temel genişliği	B	m	2,0	Avan projede verilen değer
Temel uzunluğu	L	m	36,00	

Araştırma Verileri ve Zemin Jeoteknik Değişirgeleri

Ortalama SPT değeri	N	-	50,0
Derinlik düzeltilmeli SPT değeri	N_{60}	-	50,0
Derinlik düzeltilmeli SPT değeri	N_{70}	-	72,0
Zemin birim hacim ağırlığı	γ_n	kNm ³	19,0
Temel tabanında efektif gerilme	σ'_o	kPa	11,4
Temel tabanında toplam gerilme	σ_o	kPa	11,4
Zemin sürtünme açısı	ϕ	kPa	36,0
Zemin kohezyon değeri	c'	kPa	5,0

Yeraltı Su Seviyesi (YASS) Etkisi

Su seviyesi derinliği (YASS)	D_w		5,0	
YASS etkili taşıma zonu derinliği	H_b	m	2,0	
Temel tabanından su derinliği	d_w		4,4	YASS Kama altındadır
Temel seviyesinde efektif b.h.a.	γ'_e	kNm ³	19,0	Efektif bha için düzeltilmeyoktur.

Kenar Ayak için İkincil Taşıma Gücü Faktörleri

		Hansen	Meyerhof	Terzaghi
Taşıma Gücü Faktörleri	N_q	37,75	37,75	47,16
	N_c	50,59	50,59	63,53
	N_γ	40,05	44,43	51,70
Şekil Faktörleri	s_q	1,03	1,02	
	s_c	1,04	1,04	1,30
	s_γ	0,98	1,02	0,80
Derinlik Faktörleri	d_q	1,07	1,06	
	d_c	1,12	1,12	
	d_γ	1,00	1,06	
B>2m için Bowles düzeltmesi	r_γ	1,00		

Taşıma Gücü Değeri ($cN_c S_c d_c + q'N_q S_q d_q + 0.5 \gamma' B N_\gamma S_\gamma d_\gamma r_\gamma$)

		Hansen	Meyerhof
$c N_c S_c d_c$		295,0	294,8
$q' N_q S_q d_q$		477,4	465,5
$0,5 \gamma' B N_\gamma S_\gamma d_\gamma r_\gamma$		744,1	912,9
Sınır Taşıma Gücü	Q_{ult}	kPa	1516,5
Güvenlik Katsayısı	GK	-	3,0

İzin Verilir Taşıma Gücü	Q_{all}	kPa	531,6
---------------------------------	-----------------------------	------------	--------------

Taşıma Gücü Değeri ($cN_c S_c + q'N_q + 0.5 \gamma' B N_\gamma S_\gamma$)

		Terzaghi
$c N_c S_c$		412,9
$q' N_q$		537,6
$0,5 \gamma' B N_\gamma S_\gamma$		785,8
Sınır Taşıma Gücü	Q_{ult}	kPa
Güvenlik Katsayısı	GK	-

İzin Verilir Taşıma Gücü	Q_{all}	kPa	578,8
---------------------------------	-----------------------------	------------	--------------

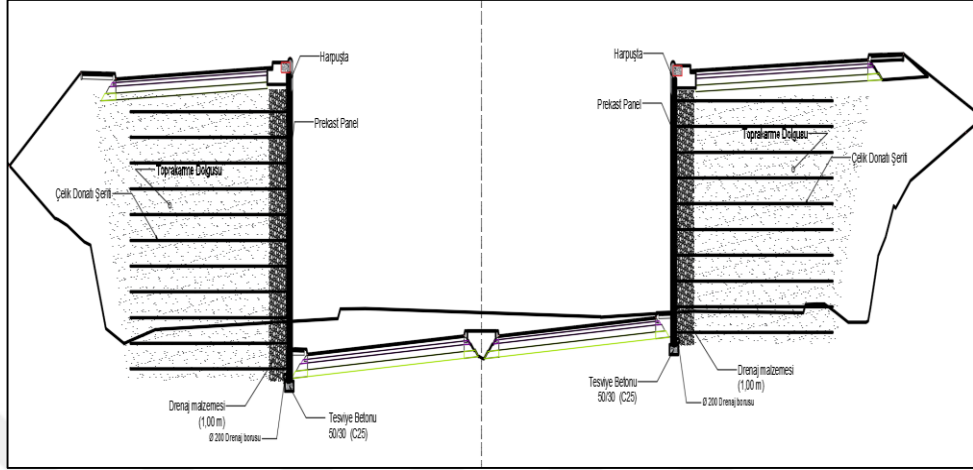
Ortalama Taşıma Gücü	555,2	kPa
-----------------------------	--------------	------------

Şekil 4.8 : Zemin sıyrılması sonrası için yapılan taşıma analizinin sonuçları

Yapılan bu yeni hesaplamalar sonucunda taşıma gücünün serilecek çakıl birim için 555 kPa olacağı sonucuna varılmıştır. Elde edilen yeni sonuç servis durumunda zemine etkiyecek toplam gerilmeden (454.22 kPa) büyük olduğu için taşıma gücü açısından herhangi bir sorun yaşanacağı düşünülmektedir.

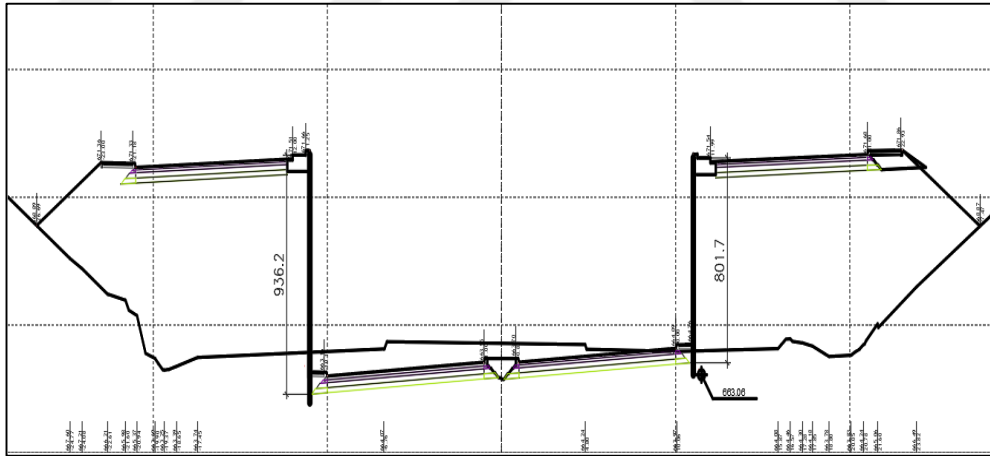
4.2.2.2. Kavşak Köprüsü Donatılı Toprak Duvar Taşıma Gücü Hesabı

Bu çalışmada donatılı toprak duvarlı geçişler için uygulama tip kesiti aşağıda yer alan Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



Şekil 4.9 : Donatılı toprak duvarlı geçişler için uygulama tip kesiti

En yüksek donatılı toprak duvar yaklaşık 9,4 metre olarak enkesitlerde görülmektedir. Bu durumu göstermek için ise Şekil 4.10 oluşturulmuştur.



Şekil 4.10 : En yüksek donatılı toprak duvar kesiti

Donatılı toprak duvar dizaynında temele etkileyen düşey kuvvetin yanal kuvvete çevrilerek duvara etkilmesi, duvar hesaplarının bu yönde yapılacağı ve yapılacak dolgunun kademeli ve kontrollü olmasından kaynaklı olarak dolgu içerisinde herhangi bir iç stabilite (taşıma gücü, oturma) probleminin oluşmayacağı düşünülmektedir. Bu kısımda yalnızca dolgu yükü altında, doğal zemin için taşıma gücü hesabı analiz edilmiştir.

Donatılı toprak duvar dolgusunun birim hacim ağırlığı $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$ kabul edilmiştir. Dolayısıyla da dolgu ağırlığından dolayı, dolgu zemininde oluşacak gerilme $\sigma_2 = 9.4 \times 21 = 197.4 \text{ kPa}$ olarak hesaplanmıştır.

Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik şartnamesine göre stabilite analizine ek olarak, toptan göçme olabilecek zayıf zemin koşulu ile karşılaşılması durumunda dolgu taban zemin kalınlığı (Hz) dikkate alınarak;

$H_z > B/2$ ise stabilite analizlerine ilave olarak taşıma gücü analizi hesaplanacaktır.

$H_z < B/2$ ise sadece stabilite analizi yeterli kabul edilecektir.

Güzergahta dolguların taban zemininin geniş olmasından kaynaklı olarak ve güzergahta zayıf zemin geçişi olmamasından dolayı bu kesimler için taşıma gücü açısından bir problem oluşacağı düşünülmemektedir.

Km:16+600- 16+916 (proje sonu) arasında önceden yapılmış olan yol dolgusu olduğu için de o kesimdeki donatılı toprak duvarlarda da taşıma gücü açısından bir problem oluşacağı düşünülmemektedir.

4.2.2.3. Kavşak Köprüsü Donatılı Toprak Duvar Kesimi Oturma Hesabı

Sıyırma yapılmadan önce varolan kil birimin oturma analizlerinin sonuçlarına göre, kavşak köprüsünün donatılı toprak duvarı kil (CH) birimi üzerine inşa edileceği bulgusuna erişilmiştir. Kil birimin SPT N sayılarının ortalamasının 28 olduğu sonucuna erişilmiştir. Kil birimdeki sıkışabilir tabaka kalınlığının 6 m. kabul edildiği görülmektedir. Bu durumun nedeni ise bu derinlikten sonra SPT N sayıları 30'un üzerinde elde edilmektedir. 6 metrelik sıkışabilir kil tabakası için konsolidasyon analizleri çalışmada yer almaktadır.

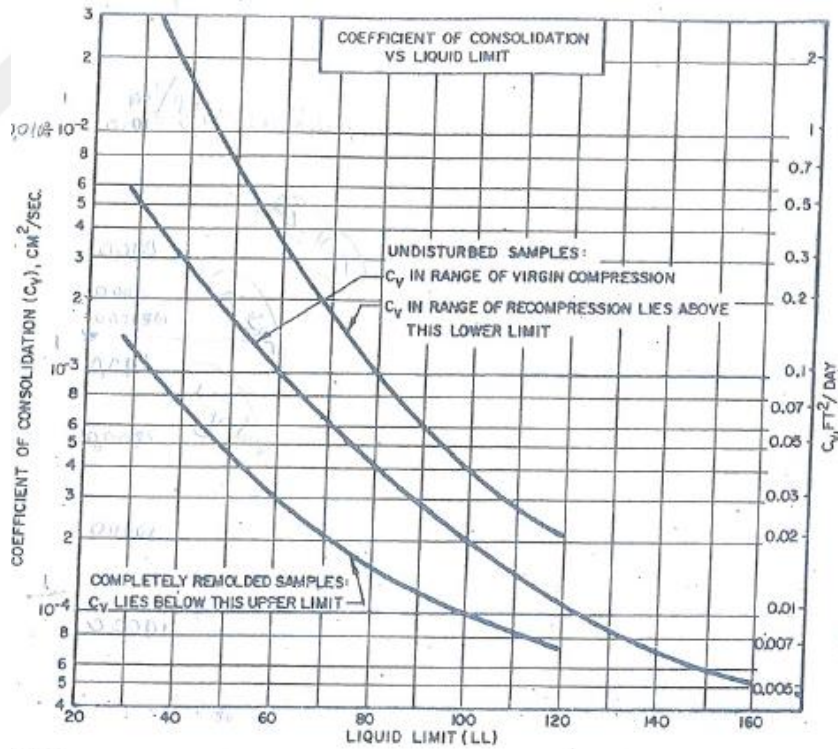
Bu duruma ek olarak sondajlara yönelik herhangi bir ödometre deneyi yapılmadığı için literatürden elde edilen veriler aracılığıyla konsolidasyon oturmasına ait analizler yapılmıştır.

CH birimin hacimsel sıkışma indis değeri (mv) Carter (1983)'ın orta düzey sıkışabilirlikteki (SPT N sayısı ortalama 28 olduğu için) alüvyon birimler için önerdiği aralıktan 0.00003 m²/kN olarak alınmıştır.

Buna ek olarak plastisite indisi ve SPT-N verileri ile Stroud'un (1975) önerdiği abaktan $mv = 1/500 \times 28 = 0.000071$ m²/kN bulunmaktadır. Her iki değer ortalaması alınmıştır. (Bknz Ek-5,Kısım C)

LL-Cv grafiklerinde farklı basınç koşulları için konsolidasyon katsayısı korelasyonları sunulmuştur. Bu bağlamda zeminin konsolidasyon katsayısı 1×10^{-3} cm²/sn = 0.06 cm²/dk olarak belirlenmiştir ve bu veri diğer işlemlerde kullanılmıştır.

En yüksek duvar yüksekliğinde yapılan hesaplamalar sonucunda donatılı toprak duvar dolguları altındaki toplam oturma yaklaşık 6.0 cm olarak hesaplanmıştır. Bu duruma ek olarak konsolidasyon katsayısı ve likit limit arasındaki korelasyonu göstermek amacıyla Şekil 4.11 oluşturulmuştur.



Şekil 4.11 : Konsolidasyon katsayısı ve likit limit arasındaki korelasyon

KONSOLIDASYON OTURMA HESABI				
Oturmaya Neden Olacak "DOLGU" Kesit Özellikleri				Açıklama
Kesit Adı		Kavşak Köprüsü		
Şev Oranı	α	90	derece	
Yüksekliği	H_D	9,4	m	
Platform Genişliği	PG	25,1	m	
Birim Hacim Ağr.	γ_d	21	kN/m ³	
Dolgu Yüğü	σ_D	$H_D \cdot \gamma_d$	197	kPa
Osterberg Katsayıları				
	B_1	PG/2	12,55	m
	B_2	$H_D/\tan(\alpha)$	0,0	m
Tbk. Orta noktası	z	$H_{Sc}/2$	3,0	
		B_1/z	4,2	
		B_2/z	0,0	
Azaltma Değeri	lz	Ek_Ost.Grafik	0,50	
	$\Delta\sigma_D$	2.lz. σ_D	197,40	kPa
Oturacak Katman Özellikleri				
Oturan Tbk. Kalınlığı	H_{Sc}		6	m
Drenaj Yolu Uzn.	H_{dr}		6	m
Hcm. Sıkışma Ktsy.	mv		0,000050	m ² /kN
Konsolidasyon Ktsy.	cv		0,060000	cm ² /dak
Konsolidasyon Oturma Hesabı				
Oturma miktarı	Sc	$mv \cdot \Delta\sigma_D \cdot H_D$	6	cm
Sınır oturma miktarı	Sc_s	Köprü Ykl.Dlg.	5	cm
Fazla oturma miktarı	Sc_f	$Sc - Sc_s$	1	cm
Fazla oturma yüzdesi	U_a		16%	
%15,6 için T_v	T_v	tablodan	0,0190	
Fazla oturma süresi	t_{scf}	$(T_v \cdot H_{dr}^2)/cv$	0,22	yıl

Şekil 4.12 : Çamurtaşı-Mam birimin ayrışma ürünü olan kil birim için oturma izni

Ayrışma ürünü olan kil birimin donatılı duvar yüksekliği 7 metreden daha fazla olan kesimlerinde yani yaklaşık olarak sol kesimde olan bölge için Km: 16+260-16+330 ve Km: 16+432-16+660 aralıklarında 2 metre sıyrılarak yerine iyileştirme malzemesi olarak suya hassas olmayan çakıl nitelikli ariyet malzemesi seçilmiştir. Yapılan bu seçimden sonra kil birimdeki oturma miktarı kabul edilebilir sınırlar aralığında kalmıştır.

KONSOLIDASYON OTURMA HESABI				
Oturmaya Neden Olacak "DOLGU" Kesit Özellikleri				Açıklama
Kesit Adı		Kavşak Köprüsü		
Şev Oranı	α	90	derece	
Yükseklği	H_D	9,4	m	
Platform Genişliği	PG	25,1	m	
Birim Hacim Ağr.	γ_d	21	kN/m ³	
Dolgu Yüğü	σ_D	$H_D \cdot \gamma_d$	197	kPa
<u>Osterberg Katsayıları</u>				
	B_1	PG/2	12,55	m
	B_2	$H_D/\tan(\alpha)$	0,0	m
Tbk. Orta noktası	z	$H_{Sc}/2$	2,0	
		B_1/z	6,3	
		B_2/z	0,0	
Azaltma Değeri	I_z	Ek_Ost.Grafik	0,50	
	$\Delta\sigma_D$	$2 \cdot I_z \cdot \sigma_D$	197,40	kPa
<u>Oturacak Katman Özellikleri</u>				
Oturan Tbk. Kalınlığı	H_{Sc}	4	m	
Drenaj Yolu Uzn.	H_{dr}	4	m	
Hcm. Sıkışma Ktsy.	mv	0,000050	m ² /kN	
Konsolidasyon Ktsy.	cv	0,060000	cm ² /dak	
<u>Konsolidasyon Oturma Hesabı</u>				
Oturma miktarı	S_c	$mv \cdot \Delta\sigma_D \cdot H_D$	4	cm
Sınır oturma miktarı	S_{c_s}	Köprü Ykl.Dlg.	5	cm
Fazla oturma miktarı	S_{c_f}	$S_c - S_{c_s}$	0	cm
Fazla oturma yüzdesi	U_a		0%	
%0 için T_v	T_v	tablodan	0,0000	
Fazla oturma süresi	t_{scf}	$(T_v \cdot H_{dr}^2)/cv$	0,00	yıl

Şekil 4.13 : Zeminin 2 metre sıyırılması sonrası serilecek dolgu malzemesi (GC-GW-GP-GM) altında kalan killeşmiş birim için oturma analizi

KONSOLIDASYON OTURMA HESABI				
Oturmaya Neden Olacak "DOLGU" Kesit Özellikleri				Açıklama
Kesit Adı	Kavşak Köprüsü			
Şev Oranı	α	90	derece	
Yüksekliği	H_D	7	m	
Platform Genişliği	PG	25,1	m	
Birim Hacim Ağırlığı	γ_d	21	kN/m^3	
Dolgu Yükü	σ_D	$H_D \cdot \gamma_d$	147	kPa
Osterberg Katsayıları				
	B_1	PG/2	12,55	m
	B_2	$H_D/\tan(\alpha)$	0,0	m
Tbk. Orta noktası	z	$H_{Sc}/2$	2,0	
		B_1/z	6,3	
		B_2/z	0,0	
Azaltma Değeri	I_z	Ek_Ost.Grafik	0,50	
	$\Delta\sigma_D$	$2 \cdot I_z \cdot \sigma_D$	147,00	kPa
Oturacak Katman Özellikleri				
Oturan Tbk. Kalınlığı	H_{Sc}	4	m	
Drenaj Yolu Uzn.	H_{dr}	4	m	
Hcm. Sıkışma Ktsy.	mv	0,000050	m^2/kN	
Konsolidasyon Ktsy.	cv	0,060000	cm^2/dak	
Konsolidasyon Oturma Hesabı				
Oturma miktarı	S_c	$mv \cdot \Delta\sigma_D \cdot H_D$	3	cm
Sınır oturma miktarı	S_{Cs}	Köprü Ykl.Dlg.	5	cm
Fazla oturma miktarı	S_{Cf}	$S_c - S_{Cs}$	0	cm
Fazla oturma yüzdesi	U_a		0%	
%0 için T_v	T_v	tablodan	0,0000	
Fazla oturma süresi	t_{scf}	$(T_v \cdot H_{dr}^2)/cv$	0,00	yıl

Şekil 4.14 : Zemin sıyırılmasından sonra 7 metrelik dolguların hesabı

4.2.2.4. Kavşak Köprüsünün Kapalı Kesitinin Oturma Hesabı

Kil birimin sıyırma yapılmadan önceki oturma analizlerine göre,

Kavşak köprüsü donatılı toprak duvarı kil (CH) birim üzerine inşa edilecektir. Kil birimin SPT N sayılarının ortalaması 28 olarak bulunmuştur. Özellikle bu kesimde açılan SK-2 ve SK-3 sondajına göre kapalı kesit altındaki kil birimdeki sıkışabilir tabaka kalınlığı 4 m. kabul edilmiştir, çünkü bu derinlikten sonra SPT N sayıları 30'un üzerindedir. 4 metrelik sıkışabilir kil tabakası için konsolidasyon analizleri yapılmıştır.

KONSOLIDASYON OTURMA HESABI				
Oturmaya Neden Olacak "DOLGU" Kesit Özellikleri				Açıklama
Kesit Adı		Kavşak Köprüsü		
Şev Oranı	α	90	derece	
Yüksekliği	H_D	7,4	m	
Platform Genişliği	PG	25,1	m	
Birim Hacim Ağr.	γ_d	21	kN/m^3	
Dolgu Yüğü	σ_D	$H_D \cdot \gamma_d$	455	kPa
Osterberg Katsayıları				
	B_1	PG/2	12,55	m
	B_2	$H_D/\tan(\alpha)$	0,0	m
Tbk. Orta noktası	z	$H_{Sc}/2$	2,0	
		B_1/z	6,3	
		B_2/z	0,0	
Azaltma Değeri	I_z	Ek_Ost.Grafik	0,50	
	$\Delta\sigma_D$	$2 \cdot I_z \cdot \sigma_D$	455,00	kPa
Oturacak Katman Özellikleri				
Oturan Tbk. Kalınlığı	H_{Sc}		4	m
Drenaj Yolu Uzn.	H_{dr}		4	m
Hcm. Sıkışma Ktsy.	m_v		0,000050	m^2/kN
Konsolidasyon Ktsy.	c_v		0,060000	cm^2/dak
Konsolidasyon Oturma Hesabı				
Oturma miktarı	S_c	$m_v \cdot \Delta\sigma_D \cdot H_D$	9	cm
Sınır oturma miktarı	S_{c_s}	Köprü Ykl.Dlg.	5	cm
Fazla oturma miktarı	S_{c_f}	$S_c - S_{c_s}$	4	cm
Fazla oturma yüzdesi	U_a		45%	
%45,1 için T_v	T_v	tablodan	0,1594	
Fazla oturma süresi	t_{scf}	$(T_v \cdot H_{dr}^2)/c_v$	0,81	yıl

Şekil 4.16 : Çamurtaş – Marn birimin ayrışma ürünü olan kil birim için oturma analizi

Ayrışma ürünü olan kil birimin kapalı kesit alanında yani yaklaşık olarak Km: 16+330.00-16+432.00 (sağ ve sol kesimler) aralığında 2 metre sıyrılmıştır ve yerine iyileştirme malzemesi olan suya hassas olmayan çakıl nitelikli ariyet malzemesi ile teşkil edilmesinden sonra kil birimdeki oturma miktarı kabul edilebilir değerler arasında yer almaktadır.

Zeminin 2 metre sıyrılması sonrasında serilecek olan dolgu malzemesi (GC-GW-GP-GM) altında katal killeşmiş birin oturma analizi yapılmıştır. Yapılan analizin sonuçları için Şekil 4.17 oluşturulmuştur.

KONSOLİDASYON OTURMA HESABI				
Oturmaya Neden Olacak "DOLGU" Kesit Özellikleri				Açıklama
Kesit Adı		Kavşak Köprüsü		
Şev Oranı	α	90	derece	
Yüksekliği	H_D	7,4	m	
Platform Genişliği	PG	25,1	m	
Birim Hacim Ağr.	γ_d	21	kN/m ³	
Dolgu Yüğü	σ_D	$H_D \cdot \gamma_d$	455	kPa
Osterberg Katsayıları				
	B_1	PG/2	12,55	m
	B_2	$H_D/\tan(\alpha)$	0,0	m
Tbk. Orta noktası	z	$H_{Sc}/2$	1,0	
		B_1/z	12,6	
		B_2/z	0,0	
Azaltma Değeri	I_z	Ek_Ost.Grafik	0,50	
	$\Delta\sigma_D$	2.Iz. σ_D	455,00	kPa
Oturacak Katman Özellikleri				
Oturan Tbk. Kalınlığı	H_{Sc}		2	m
Drenaj Yolu Uzn.	H_{dr}		2	m
Hcm. Sıkışma Ktsy.	mv		0,000050	m ² /kN
Konsolidasyon Ktsy.	cv		0,060000	cm ² /dak
Konsolidasyon Oturma Hesabı				
Oturma miktarı	S_c	$mv \cdot \Delta\sigma_D \cdot H_D$	5	cm
Sınır oturma miktarı	S_{cs}	Köprü Ykl.Dlg.	5	cm
Fazla oturma miktarı	S_{cf}	$S_c - S_{cs}$	0	cm
Fazla oturma yüzdesi	U_a		0%	
%0 için T_v	T_v	tablodan	0,0000	
Fazla oturma süresi	t_{scf}	$(T_v \cdot H_{dr}^2)/cv$	0,00	yıl

Şekil 4.17 : Zeminin 2 metre sıyrılması sonrasında serilecek olan dolgu malzemesi (GC-GW-GP-GM) altında katal killeşmiş birin oturma analizi yapılmıştır

Bu aşamanın sonucuna bakıldığı zaman köprü temeli donatılı toprak duvar dolgusu üzerine oturmaktadır. Yapılacak olan bu dolgu kademeli ve kontrollü bir şekilde oluşturulacaktır ve dolayısıyla dolguda herhangi bir oturma problemi beklenmemektedir.

Yüksekliği 7 metreyi geçen dolgu altında ve kapalı kesit alanında yani Km: Km: 16+260.00-16+660 (sağ ve sol kesimler) aralığında yer alan kil birimin 2 metre sınırlarına yerine iyileştirme malzemesi olarak suya hassas olmayan çakıl nitelikli ariyet malzemesi ile teşkil edileceğinden oluşacak ani oturmalar inşaat aşamasında yapılacaktır.

Bu birimlerin altında da oluşabilecek konsolidasyon oturması kabul edilebilir sınırlar içerisindedir. Ayrıca daha alt kotlarda, SPT N > 30 olan ayrışma ürünü kil birimler ya da marn ve çamurtaşı gibi kaya birimlerde de oturmalar ihmal edilecek boyutta olacaktır. Kavşak Köprüsü için oturma açısından bir problem beklenmemektedir.

4.2.2.5. Sıvılaşma Analizi

Sıvılaşma terimine bakıldığı zaman genel olarak suya doygun, gevşek dokulu, homojen ince taneli kum ve siltlerin boşluk suyu basıncı değerlerinin deprem titreşimleri sırasında artması ve etkin yanal gerilmelerin sıfırlanması sonucu taşıma kapasitelerini kaybederek sıvı gibi davranış göstermesi olarak tanımlandığı görülmektedir.

Güzergahta kaya birimlerin ayrışma ürünü olan ince daneli kil birimler ve altında da kaya birimler ile karşılaşıldığından sıvılaşma problemi olmayacağı bulgusuna erişilmiştir.

4.2.3. Kavşak Köprüsü Kapalı Kesim Yaklaşım Dolguları

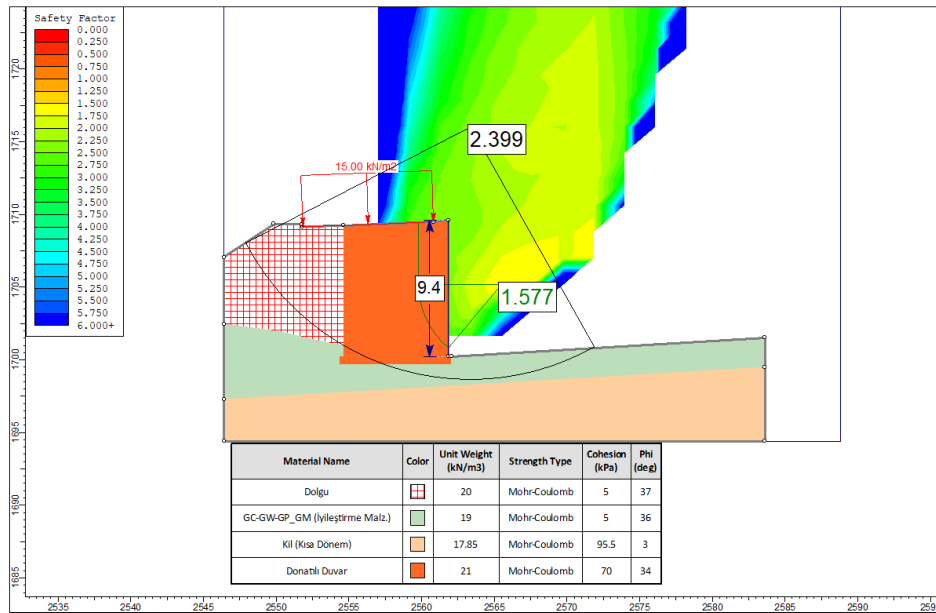
Kavşak Köprüsü için kapalı kesim yaklaşım dolgularına ait veriler aşağıda yer alan Çizelge 4.7'de verilmiştir. SK-2 ve SK-3 ve SK-4 sondaj verileri ve arazi gözlemlerinden yararlanılarak yapılan hesaplamalarda, dolguların daha önce yapılan analiz sonuçlarına göre belirlenmiş iyileştirme malzemesi olarak suya hassas olmayan çakıl nitelikli ariyet malzemesi ile teşkil edilecek birimler üzerine inşa edileceği belirlenmiştir.

Çizelge 4.7 : Kavşak köprüsü yaklaşım dolgularına ait bilgiler

Tip	Maks.Dolgu Kesiti (Km.)	Maks.Dolgu Yüks. (m)	Dolgunun İnşa Edileceği Birim
Dolgu	16+330	8.41	GW-GP-GC_GM
Dolgu	16+440	9.33	GW-GP-GC_GM

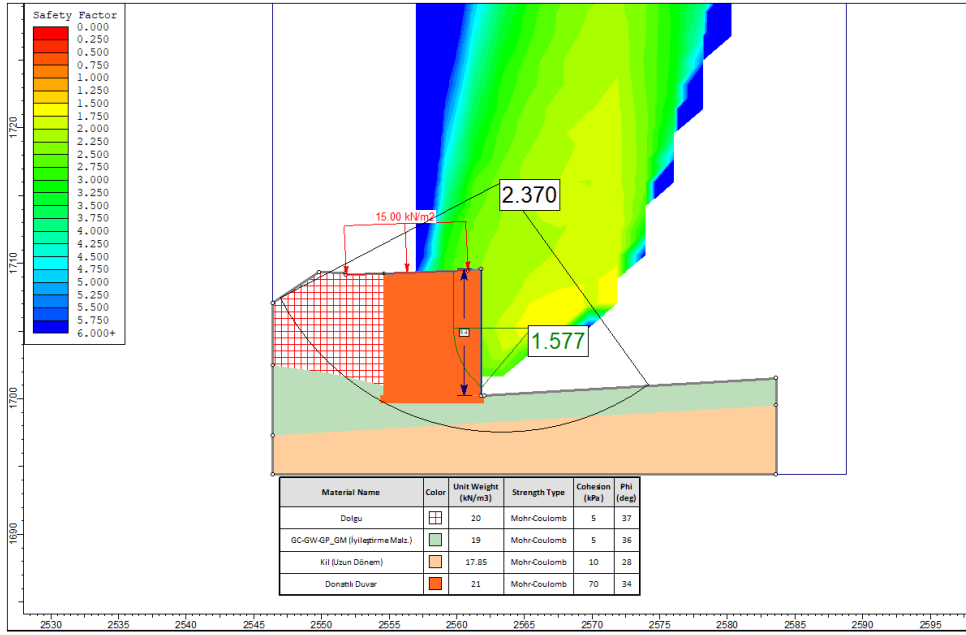
Bu çalışmada 9.33 metre yüksekliğindeki kapalı kesim yaklaşım dolgusu için stabilite analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda herhangi bir problem görülmemiştir. Bu analiz, tüm parametreleri aynı olan diğer dolguya da referans olabilecek niteliktedir.

Donatılı toprak duvar tasarımında, temele etkileyen düşey kuvvetin yanal kuvvete çevrilerek duvara etkilmesi ve duvar hesaplarının bu doğrultuda yapılması planlanmaktadır. Oluşturulacak bu dolgunun kademeli ve kontrollü olmasından kaynaklı olarak dolgu içerisinde herhangi bir iç stabilite probleminin oluşması beklenmemektedir. Bu kısım dolgu dış stabilite kontrolü yapılmıştır ve stabilite açısından bir problem olmadığı sonucuna varılmıştır.



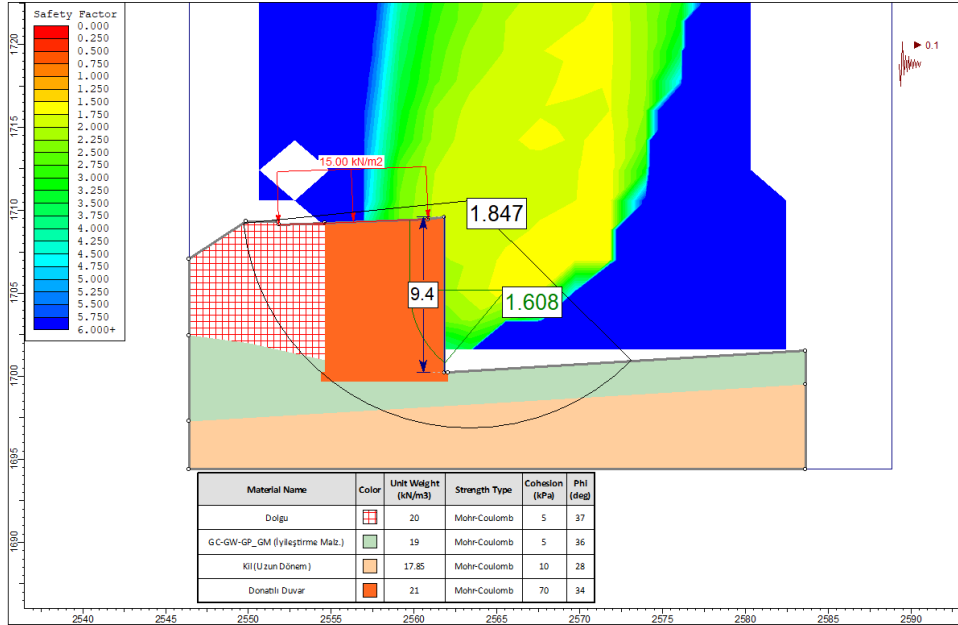
Şekil 4.18 : Km : 16+440 yaklaşım dolgusu kısa dönem stabilite analizi

Uzun dönem stabilite analizinde 16 + 440 km yaklaşım dolgusu için yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunu göstermek için Şekil 4.19 oluşturulmuştur.



Şekil 4.19 : Km: 16+440 yaklaşım dolgusu uzun dönem stabilite analizi

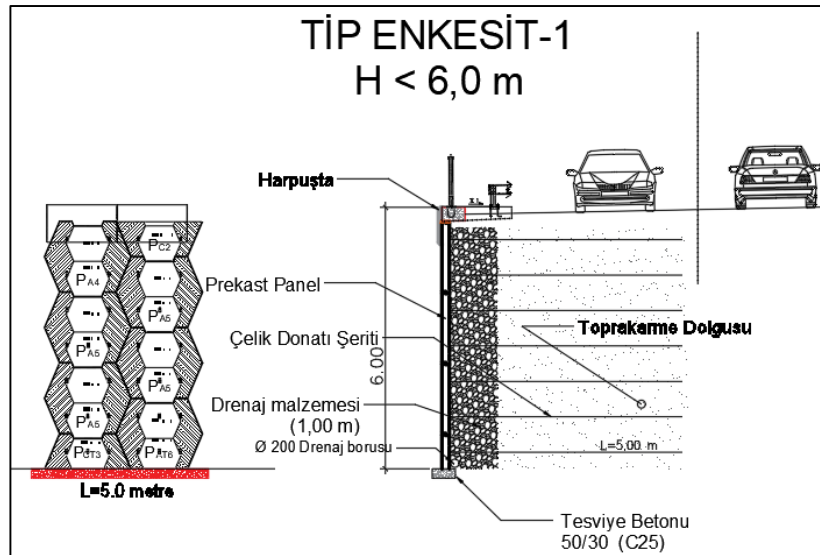
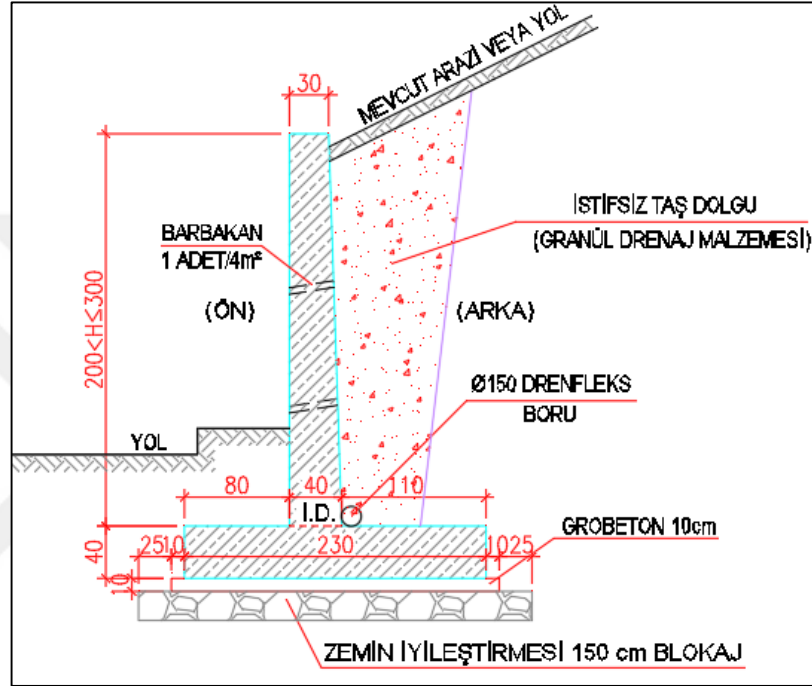
Sismik durum stabilite analizinde 16 + 440 km yaklaşım dolgusu için yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunu göstermek için Şekil 4.20 oluşturulmuştur.



Şekil 4.20 : Km : 16 + 440 yaklaşım dolgusu sismik durum stabilite analizi

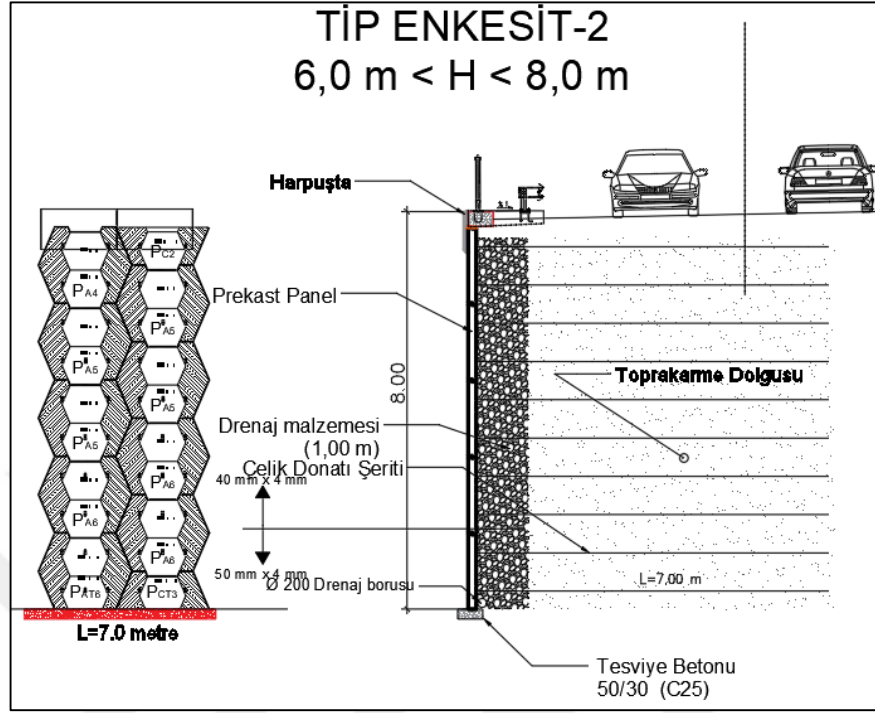
4.2.4. Donatılı Toprak Duvar Betonarme Duvarı Analizleri

Projelendirilen betonarme duvar boyutları 2.00 ile 3.0 m aralığında yer almaktadır. Değişen boyutlarda tek tipte (Tip-1) duvar uygulaması yapılması planlanmaktadır. Donatılı toprak duvar için de 4 farklı tip (Tip-1, Tip-2, Tip-3 ve Tip-4) belirlenmiştir. Bu tiplere ait detaylar aşağıdaki şekillerde sunulmaktadır. Tip-1 betonarme duvar kesitinin detaylarını göstermek amacıyla aşağıda yer alan Şekil 4.21 oluşturulmuştur.



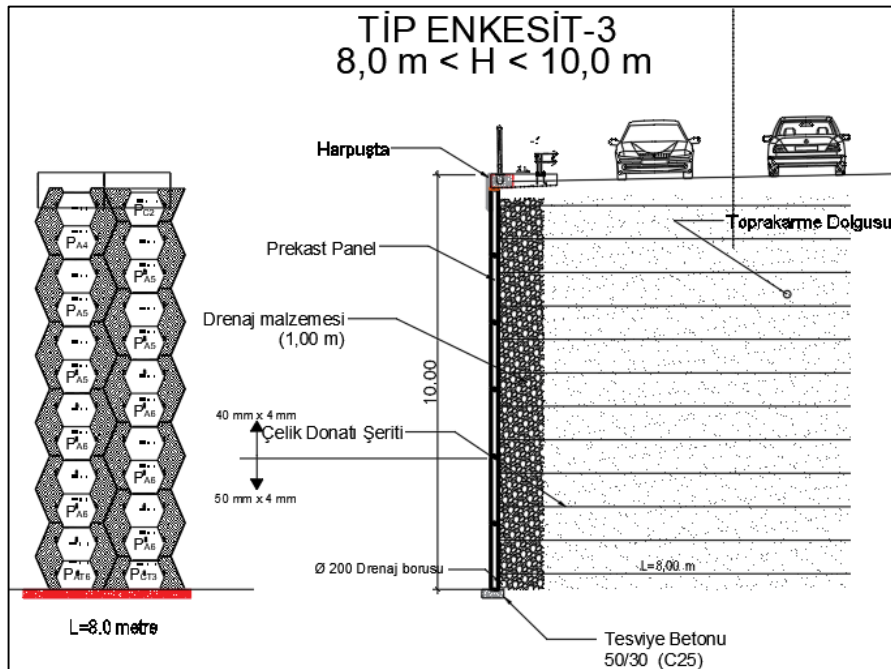
Şekil 4.21 : Tip-1 betonarme duvar kesiti detayları

Tip-2 donatılı toprak duvar kesitinin detaylarını göstermek amacıyla aşağıda yer alan Şekil 4.22 oluşturulmuştur.



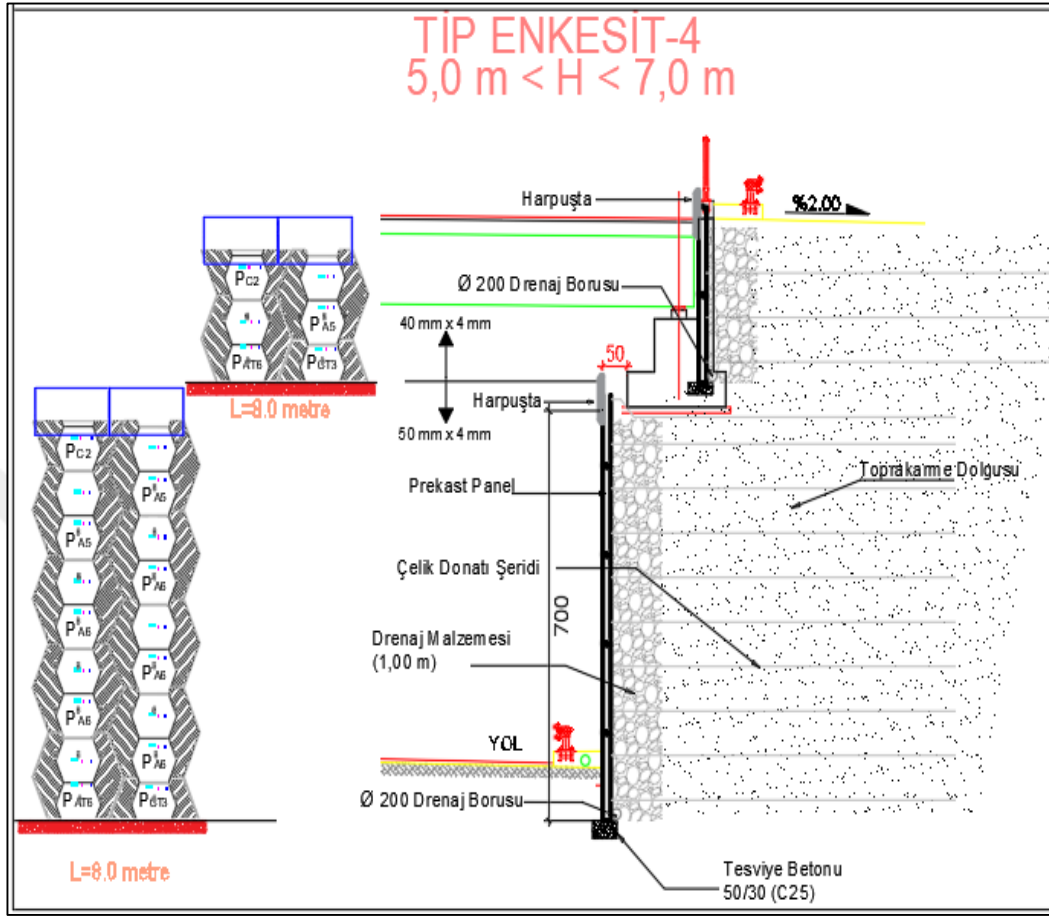
Şekil 4.22 : Tip-2 donatılı toprak duvar kesiti detayları

Tip-3 donatılı toprak duvar kesitinin detaylarını göstermek amacıyla aşağıda yer alan Şekil 4.23 oluşturulmuştur.



Şekil 4.23 : Tip-3 donatılı toprak duvar kesiti detayları

Tip-4 donatılı toprak duvar kesitinin detaylarını göstermek amacıyla aşağıda yer alan Şekil 4.24 oluşturulmuştur.



Şekil 4.24 : Tip-4 donatılı toprak duvar kesiti detayları

Betonarme duvarların stabilitesinin kontrolü için taşıma gücü analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada betonarme duvarlar 12.1 m uzunluğunda anolar halinde yapılacaktır. Kavşak başındaki betonarme duvarlar temelleri çamurtaşı-marn birimin ayrışma ürünü olan kil birimler üzerine inşa edilecekken kavşağın sonunda yer alan betonarme duvar temelleri ise daha önceden yapılmış SPT-N değerleri yüksek olan dolgu malzemesi üzerine inşa edilecektir.

Kenar Ayak için Temel Boyutları

Temel derinliği	D	m	0,4	
Temel genişliği	B	m	2,3	Avan projede verilen değer
Temel uzunluğu	L	m	12,10	

Araştırma Verileri ve Zemin Jeoteknik Değişirgeleri

Ortalama SPT değeri	N	-	28,0
Derinlik düzeltmeli SPT değeri	N ₆₀	-	21,0
Derinlik düzeltmeli SPT değeri	N ₇₀	-	18,0
Zemin birim hacim ağırlığı	γ_n	kNm ³	17,9
Temel tabanında efektif gerilme	σ'_o	kPa	7,1
Temel tabanında toplam gerilme	σ_o	kPa	7,1
Zemin sürtünme açısı	ϕ	kPa	28,0
Zemin kohezyon değeri	cu	kPa	95,5

Yeraltı Su Seviyesi (YASS) Etkisi

Su seviyesi derinliği (YASS)	D _w		5,0	
YASS etkili taşıma zonu derinliği	H _e	m	1,9	
Temel tabanından su derinliği	d _w		4,6	YASS Kama altındadır
Temel seviyesinde efektif b.h.a.	γ'_e	kNm ³	17,9	Efektif bha için düzeltmeyoktur.

Kenar Ayak için İkincil Taşıma Gücü Faktörleri

		Hansen	Meyerhof	Terzaghi
Taşıma Gücü Faktörleri	N _q	1,00	1,00	1,00
	N _c	5,14	5,14	5,70
	N _γ	0,00	0,00	0,00
Şekil Faktörleri	s _q	1,01	1,00	
	s _c	1,04	1,04	1,30
	s _γ	0,92	1,00	0,80
Derinlik Faktörleri	d _q	1,05	1,03	
	d _c	1,00	1,03	
	d _γ	1,00	1,03	
B>2m için Bowles düzeltmesi	r _γ	0,98		

Taşıma Gücü Değeri (cN_cS_cd_c+q'N_qS_qd_q+0.5γ'B'N_γS_γd_γr_γ)

		Hansen	Meyerhof
c N _c S _c d _c		509,5	527,3
q' N _q S _q d _q		7,6	7,3
0,5 γ' B N _γ S _γ d _γ r _γ		0,0	0,0
Sınır Taşıma Gücü	Q _{ıllh} kPa	517,1	534,6
Güvenlik Katsayısı	GK	-	3,0

İzin Verilir Taşıma Gücü q_{all} kPa 175,3**Taşıma Gücü Değeri (cN_cS_c+q'N_q+0.5γ'B'N_γS_γ)**

		Terzaghi	
c N _c S _c		707,7	
q' N _q		7,1	
0,5 γ' B N _γ S _γ		0,0	
Sınır Taşıma Gücü	Q _{ıllh} kPa	714,8	
Güvenlik Katsayısı	GK	-	3,0

İzin Verilir Taşıma Gücü q_{all} kPa 238,3**Ortalama Taşıma Gücü** 206,8 kPa**Şekil 4.25 :** Kil birim üzerine inşa edilecek Tip-1 duvar kesimi için taşıma gücü analizinin sonuçları**Çizelge 4.8 :** Taşıma gücü analizinin Tip-1 duvarı açısından sonuçları

Sanat Yapısı	Duvar Tipi	Duvar Yüksekliği/ Temel Boyutu	Yüzeysel Temel Taşıma Kapasitesi (kPa)		Temel Gerilmeleri (kPa) (EK-4)	
			Q _n	Q _s	Q _n	Q _s
Beton Duvar	Tip-1	3.0 m	Q _n	206.8	Q _n	56.0
		2.30 x12.10	Q _s	310.2	Q _s	97.0

Q_n statik durum, Q_s sismik durum

Yukarıda yer alan Çizelge 4.8'de görüldüğü üzere çamurtaşı-marn birimin ayrışma ürünü olan kil birimler ve daha önceden yapılmış SPT-N değerleri yüksek olan dolgu malzemesi üzerine inşa edilecek betonarme duvarlar için taşıma gücü açısından herhangi bir problemin oluşma olasılığı görülmemektedir. Betonarme duvar temelleri altındaki konsolidasyon oturması ise 1,5 cm olarak hesap edilmiştir ve bu değer kabul edilebilir aralık içerisinde yer almaktadır.

Betonarme duvar için her ne kadar taşıma gücü ve oturma problemi beklenmese de yapım aşamasında zeminin şartlarının gözlenmesi şarttır. Bu duruma ek olarak yapım durumu göz önünde bulundurularak duvarın daha homojen birim üzerine inşa edilmesi adına 1.5 metrelik kesimde taş dolgu yapılması sonucuna varılmıştır. Kil birim üzerine inşa edilecek olan Tip-1 duvar kesimi için yapılan oturma izninin analiz sonuçlarını göstermek için Şekil 4.26 oluşturulmuştur.

TEMEL ALTINDA GELİŞEN KONSOLIDASYON OTURMASI HESABI					
Oturmaya Neden Olacak "TEMEL" Özellikleri					Açıklama
Temel Şekli		Dikdörtgen		Yayılı Yük	
B		2,3	m		
L		12,1	m		
D		0,40	m	Temel Derinliği	
q		56	kPa	Temel Yüğü	
Temel Yüğü Azaltma Katsayıları					
Tbk. Orta noktası derin.	z	$(H_{sc}-D)/2$	2,80	m	
	b	B/2	1,2	-	bkz.
	m_1	L/B	5,3	-	(Das, 2009 s.283)
	n_1	z/b	2,43	-	
Azaltma Değeri	I_4		0,977	-	Katsayı Bul
	$\Delta\sigma_D$	$I_4 \cdot q$	54,71	kPa	(Das, 2009 s.280)
Oturacak Katman Özellikleri					
Oturan Tbk. Kalınlığı	H_{sc}		6	m	
Drenaj Yolu Uzn.	H_{dr}		6	m	
Hcm. Sıkışma Ktsy.	mv		0,000050	m^2/kN	
Konsolidasyon Ktsy.	cv		0,060000	cm^2/dak	
Konsolidasyon Oturma Hesabı					
Oturma miktarı	S_c	$mv \cdot \Delta\sigma_D \cdot H_D$	1,6	cm	
Sınır oturma miktarı	S_{c_s}		5	cm	
Fazla oturma miktarı	S_{c_f}	$S_c - S_{c_s}$	0,0	cm	
Fazla oturma yüzdesi	U_a		-		
-	T_v	tablodan	-		
Fazla oturma süresi	t_{scf}	$(T_v \cdot H_{dr}^2)/cv$	-	yıl	

Şekil 4.26 : Kil birim üzerine inşa edilecek Tip-1 duvar kesimi için oturma analizi sonuçları

4.2.4.1. TİP-1 Duvar Devrilme ve Kayma Analizi

Tip-1 duvarının devrilme ve kayma analizleri yapılmıştır. Yapılan bu analizlerin sonuçlarını göstermek amacıyla Şekil 4. 27 oluşturulmuştur.

Proje	Konu	Tasarım	Sayfa 7		
İSTİNAT DUVARI HESAPLARI	H= 3.4m İstinat Duvarı Hesapları		11.10.2020		
4) YÜKLER					
4.1) YÜKLERİN ÖZETİ: (YÜZEYSEL TEMEL DURUMU)					
TEMEL ALT SEVİYESİNDEKİ YÜKLERİN ÖZETİ AŞAĞIDA VERİLMİŞTİR :					
YÜK DURUMU	N (kN)	Hx (kN)	Mz (kNm)	KAYMA GUVENLİĞİ	DEVİRİLME GUVENLİĞİ
SERVICE I (STATİK)	114.6	33.7	5.0	2.0	3.4
SERVICE VI	114.6	33.7	5.0	2.0	3.4
SERVICE VII.1 (EQ)	114.6	58.4	41.3	1.1	1.8
FACTORED I	149.0	57.0	21.4	-	-
FACTORED VI	143.3	54.8	20.6	-	-
FACTORED VII.1	114.6	58.4	41.3	-	-
Kayma ve Devrilme Kontrolü / Sliding and Overturning Check:					
1-Kayma: Safety Factor:		2-Devrilme: Safety Factor:			
2.0	> 1.5	√ (STATİK)	3.4	> 2.0	√ (STATİK)
1.1	> 1.125	√ (DEPREMLİ)	1.8	> 1.5	√ (DEPREMLİ)
4.2) ZEMİN GERİLMELERİ					
YÜK DURUMU	S1 (kN/m ²)	S2 (kN/m ²)	S3 (kN/m ²)	S4 (kN/m ²)	X (m)
SERVICE I (STATİK)	55.5	44.2	49.6	51.6	2.30
SERVICE VI	55.5	44.2	49.6	51.6	2.30
SERVICE VII.1 (EQ)	96.6	3.0	47.8	64.1	2.30
FACTORED I	89.1	40.5	63.7	72.2	2.30
FACTORED VI	85.7	38.9	61.3	69.4	2.30
FACTORED VII.1	96.6	3.0	47.8	64.1	2.30
Deplasman Kontrolü		$\Delta z_{max} = 0.28cm < 1"=2.54cm$ √ SERV-I (STATİK)			
Düsey Yay Katsayısı: kz =		$20.000kN/m^2$ $0.48cm < 1"=2.54cm$ √ SERV-VII (EQ DEPREMLİ)			
Zemin Gerilmesi		$\sigma_{zmax-st1} = 56 kN/m^2 < 200kN/m^2$ √ SERV-I (STATİK)			
Kontrolü:		$\sigma_{zmax-eq} = 97 kN/m^2 < 300kN/m^2$ √ SERV-VII (EQ DEPREMLİ)			
4.3) TEMEL MOMENTLERİ					
YÜK DURUMU	Maa (kNm/m)	Mbb (kNm/m)	YÜK DRM. LOAD CASE		
SERVICE I (STATİK)	15.4	-12.6	1		
SERVICE VI	15.4	-12.6	2		
SERVICE VII.1 (EQ)	25.5	-29.5	3		
FACTORED I	24.2	-23.4	4		
FACTORED VI	23.1	-24.5	5		
FACTORED VII.1	25.5	-29.5	6		
<i>Maa : burun / toe - Mbb : topuk / heel / + : altta çekme</i>					
5) DUVAR ALTINDA YÜK ETKİLERİ					
5.1) SERVİS YÜKLERİ DURUMU					
5.1.1) YÜK DURUMU I (ZY+HY+T)					
YÜKLER / LOADS (kN)	X & Y (m)	MOMENT (kNm)			
W1 = 0.0	X1 = 0.05	0.0			
W2 = 29.4	X2 = 0.00	0.0			
VL1 = 0.0	X11 = -0.20	0.0			
VL2 = 0.0	X11 = -0.20	0.0			
E1 = 26.3	Ye1 = 1.00	26.3			
E3 = 0.0	Ye3 = 1.50	0.0			
E7 = 0.0	Ye7 = 1.50	0.0			
HL1 = 0.0	Y = 3.00	0.0			
TOPLAM KUVVETLER					
TOPLAM DÜŞEY YÜK		N1 =	29.4 kN		
TOPLAM YATAY KUVVET		Hx1 =	26.3 kN		
TOPLAM MOMENT		Mz1 =	26.3 kNm		

Şekil 4.27 : Tip-1 duvarının devrilme ve kayma analizlerinin sonuçları

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü ve Karayolları 8.Bölge Müdürlüğü kapsamında bulunan "Gölbaşı –Adıyaman- Kahta yolu (Km 0+000-44+500 ve Km 59+000-98+000) Yapım İşi" kapsamındaki Havaalanı Kavşağı KM = 15+945.000 - 16+919.542 bu tez çalışmasında konu olarak yer almıştır.

Yapılan bu tez çalışması süresince Havaalanı Kavşağı'nda (KM = 15+945.000 - 16+919.542) donatılı toprak duvar ile geçilen köprü kesimine ait geoteknik değerlendirmeler sunulmuştur. Bu duruma ek olarak yapılan araştırma da havaalanı ve Alibeyköy yollarına ait olan geoteknik değerlendirmeler bu tez projesinde yer almamaktadır.

AFAD Deprem Tehlike Haritası'na göre yol güzergahında yer alan sanat yapıları değerlendirmelerinin (köprü, tünel vb.) sonuçlarına göre etkin yer ivmesi katsayısı a_0 : 0,2 g olarak, yarma ve dolgu şev tasarımlarında ise a_0 : 0,1 g olarak alınması gerektiği bulgusuna erişilmiştir.

Yapılan tez kapsamında havaalanı kavşağı için SK-1, SK-2, SK-3, SK-4 ve SK-5 olmak üzere toplam 5 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Bu duruma ek olarak ise SK-2 ve SK-3 Kavşak Köprüsü'nün olduğu kısımdaki sondajlardır.

Araştırma çalışmaları ışığında; zemin idealize edilerek ilk 6 metrelik kesimin marn ve çamurtaşı birimlerin ayrışması sonucu oluşmuş kil birim tabakası, alt kotların ise marn-çamurtaşı birimler olduğu öngörülmüştür.

Yapılan taşıma gücü ve oturma analizlerine göre ayrışma ürünü olan kil birimin Km: 16+260.00-16+660 (sağ ve sol kesimler) aralığında 2 metre sınırlarak yerine iyileştirme malzemesi olarak suya hassas olmayan çakıl nitelikli ariyet malzemesi ile teşkil edilmesi gerektiği bulgusuna erişilmiştir.

Yapılan bu tez çalışmasında her kesim için yapılacak imalatlar tablo halinde sunulmuştur.

Çizelge 5.1 : Her kesim için imalat çalışmasının detayları

Km Aralığı	Bulunduğu Yer	Sanat Yapısı	İyileştirme Önerisi	Açıklama
15+945.000 - 15+969.200	Sol Taraf	Tip-1 Betonarme Duvar	1.5 m taş dolgu	Yapım aşamasında zemin durumuna göre karar verilecektir.
15+969.200 - 16+260.000	Sol Taraf	H<7 m Donatılı Toprak Duvar	-	-
16+260.000 - 16+331.676	Sol Taraf	H> 7 m Donatılı Toprak Duvar	2 m sıyrma	İyileştirme malzemesi olarak suya hassas olmayan çakıl nitelikli ariyet malzemesi ile teşkil edilmesi önerilmektedir.
16+331.676 - 16+420.015	Sol Taraf	Kapalı Kesim	2 m sıyrma	
16+420.015 - 16+660.000	Sol Taraf	H> 7 m Donatılı Toprak Duvar	2 m sıyrma	
16+660.000 - 16+892.588	Sol Taraf	H<7 m Donatılı Toprak Duvar	-	-
16+892.588 - 16+904.688	Sol Taraf	Tip-1 Betonarme Duvar	1.5 m taş dolgu	Yapım aşamasında zemin durumuna göre karar verilecektir.
15+945.000 - 15+981.300	Sağ Taraf	Tip-1 Betonarme Duvar	1.5 m taş dolgu	Yapım aşamasında zemin durumuna göre karar verilecektir.
15+981.300 - 16+260.000	Sağ Taraf	H<7 m Donatılı Toprak Duvar	-	-

16+260.000 - 16+338.518	Sağ Taraf	H> 7 m Donatılı Toprak Duvar	2 m sıyrma	İyileştirme malzemesi olarak suya hassas olmayan çakıl nitelikli ariyet malzemesi ile teşkil edilmesi önerilmektedir.
16+338.518 - 16+431.133	Sağ Taraf	Kapalı Kesim	2 m sıyrma	
16+431.133 - 16+660.000	Sağ Taraf	H> 7 m Donatılı Toprak Duvar	2 m sıyrma	
16+660.000 - 16+907.442	Sağ Taraf	H<7 m Donatılı Toprak Duvar	-	-
16+907.442 - 16+919.542	Sağ Taraf	Tip-1 Betonarme Duvar	1.5 m taş dolgu	Yapım aşamasında zemin durumuna göre karar verilecektir.

Sıvılaşma; suya doygun, gevşek dokulu, homojen ince taneli kum ve siltlerin boşluk suyu basıncı değerlerinin deprem titreşimleri sırasında artması ve etkin yanıl gerilmelerin sıfırlanması sonucu taşıma kapasitelerini kaybederek sıvı gibi davranış göstermesi olayıdır. Güzergahta kaya birimlerin ayrışma ürünü olan ince daneli kil birimler ve altında da kaya birimler ile karşılaşıldığından sıvılaşma problemi olmayacağı öngörülmektedir.

Kapalı kesim yaklaşım dolgusu için stabilite analizleri yapılmıştır ve herhangi bir problem görülmemektedir.

Donatılı toprak duvar tasarımında, temele etkiyen düşey kuvvetin yanıl kuvvete çevrilerek duvara etkilmesi, duvar hesaplarının bu doğrultuda yapılması ve yapılacak dolgunun kademeli ve kontrollü olmasından dolayı dolgu içerisinde herhangi bir iç stabilite problemi beklenmemektedir. Bu kısım dolgu dış stabilite kontrolü yapılmıştır ve stabilite açısından bir problem olmadığı görülmektedir.

Kavşak Köprüsü için donatılı toprak duvar hesapları ayrı olarak yapılacaktır ve bu raporun kapsamı dışındadır.

Kavşak başındaki ve sonundaki betonarme duvarlar 12.1 m uzunluğunda anolar halinde yapılacaktır. Yapılan taşıma gücü ve oturma analizlerinde herhangi bir sorun görülmemektedir.

Betonarme duvar için her ne kadar taşıma gücü ve oturma problemi beklenmese de yapım aşamasında zeminin şartlarının gözlenmesi gerekmektedir ve yapım durumu göz önünde bulundurularak duvarın daha homojen birim üzerine inşa edilmesi adına 1.5 metrelik kesimde taş dolgu yapılması önerilmektedir.

Önerilen yöntemler ve hesaplamalar, araştırma çalışmalarında belirlenen zemin koşulları için geçerlidir. Yapım çalışmaları sırasında jeolojik koşulların izlenmesi, belirlenen jeolojik modelden daha farklı bir durumla karşılaşılması veya onaylı yatay-düşey hattın değiştirilmesi durumunda, tasarımı yapan uzmandan görüş alınması, gerektiğinde Kontrol Mühendisi ve/veya İdare'nin onayı ile tasarımın revize edilmesi uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- Alkaya, D., ve Yeşil, B.** (2012). Metal şerit ve geosentetik donatı kullanılarak oluşturulan donatılı zemin (toprakarme) yapıların spreadsheet kullanarak analizi. akademik bilişim, Uşak Üniversitesi.
- Dalyan, I., Akin, M. S., ve Arama, Z. A.** (2020). Betonarme istinat duvarlarının geoteknik tasarımında etkili parametrelerin 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmesi. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 2(2), 176-192.
- Elias, V., Christopher, B.R., ve Berg, R.R.,** (2001). "FHWA-NHI-00-043: mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes design and construction guidelines" Woodbury, USA.
- Ergün, A., ve Yurtcu, Ş.** (2007). Yığma ve betonarme yapılarda deprem sonrası oluşan hasarların teknik analizi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(1), 65-76.
- Evirgen, B., Kelek, İ., Acarca, Ş ve Tuncan, A.** (2019). Karayolu projelerinde inşa edilen çelik şerit donatılı zeminlerin incelenmesi. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B-Teorik Bilimler*, 7(2), 211-221.
- Hansen, J. B.** (1970). A revised and extended formula for bearing capacity.
- Karayolları Teknik Şartnamesi.** (2013). Yol altyapısı, sanat yapıları, köprü ve tüneller, üst yapı ve çeşitli işler, Karayolları Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Kayhan, A. H., ve Demir, A.** (2016). Betonarme konsol istinat duvarlarının parçacık sürü optimizasyonu ile optimum tasarımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22(3), 129-135.
- Meyerhof, G. G.** (1963). Some recent research on the bearing capacity of foundations. *Canadian Geotechnical Journal*, 1(1), 16-26.
- Öztürk, H. T., ve Türkeli, E.** (2019). Tabanında anahtar kesiti bulunan betonarme istinat duvarlarının jaya algoritmasıyla optimum tasarımı. *Politeknik Dergisi*, 22(2), 283-291.
- Soyluk, K., ve Yavuz, İ. Y.** (2009). Çerçevesiz binalarda bodrum kat istinat duvarlarının burulma düzensizliğine etkisi. *Teknik Dergi*, 20(97), 4653-4673.
- TS7994.** (1990). Zemin dayanma yapıları; sınıflandırma, özellikleri ve projelendirme esasları. *Türk Standartları Enstitüsü*. Ankara.
- Vesić, A. S.** (1973). Analysis of ultimate loads of shallow foundations. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 99(1), 45-73.

Yenidoğan, H. C. (2006). İstinat duvarlarının deprem sırasında davranışı. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.

Yıldız, T. (2014). Aşırı yüklemeler altında toprakarme istinat yapılarının tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği Bilim Dalı, İstanbul, 193 s.

Yılmaz, F. (2018). Şerit donatılı toprakarme duvar sisteminin uygulanması. T.C. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.



EKLER

EK-A. Onaylı Temel Gerilmeler

Çizelge A.1 : Onaylı Temel Gerilimler

Kavşak Köprüsü	Yükler (kN/m ²)	
	Statik Durumda	Deprem Durumunda
Kapalı Kesim Kirişlerden Temele Gelen Yük	332.0	270.0
Tip 1 Beton Duvardan Gelen Yük	56.0	97.0

"+" Basınç

"-" Çekme

EK-B. LİTERATÜR

TABLE 6.3
CORRELATIONS BETWEEN COMPACTNESS,
RELATIVE DENSITY D_r , AND N VALUE
FROM THE SPT FOR SANDS*

Compactness	D_r †	N (SPT)
Very loose	<0.15	<4
Loose	0.15-0.35	4-10
Medium dense	0.35-0.65	10-30
Dense (compact)	0.65-0.85	30-50
Very dense	0.85-1.0	>50

*For correlations with various gradations see Table 3.5.

†From Gibbs and Holtz (1957).¹⁸

SPT & Sıklık ve
SPT & Kıvam Korelasyonları

*Geotechnical Engineering
Analysis and Evaluation*
Roy E.HUNT, 1986.

TABLE 6.4
CORRELATIONS BETWEEN CONSISTENCY,
 N , U_c , and q_c

Consistency	N (SPT)	U_c , tsf	q_c , tsf*
Very soft	2	0.25	—
Soft	2-4	0.25-0.5	0.25-1.0
Medium (firm)	4-8	0.5-1.0	1.0-2.0
Stiff	8-15	1.0-2.0	2.0-3.0
Very stiff	15-30	2.0-4.0	3.0-6.0
Hard†	30	4.0	6.0-12.0

*From a sampling of building codes from a number of U.S. cities.

†Including hardpan or glacial till.

TABLE 3-5
Consistency of saturated cohesive soils*

Consistency		N_{70}	q_c , kPa	Remarks
Very soft	NC	0-2	< 25	Squishes between fingers when squeezed
Medium	6-9	50 - 100	??	
				Stiff
Very stiff	17-30	200 - 400	Very hard to deform by hand squeezing	
				Hard
Increasing OCR	Young clay	Aged/cemented		

* Blow counts and OCR division are for a guide—in clay "exceptions to the rule" are very common.

SPT & Drenajsız Kayma Mukavemeti Korelasyonları

Foundation Analysis and Design
J.E.BOWLES, 1986.

Şekil B.1: Zemin sıklık ve katılık ölçütleri

ICS 91.040 TÜRK STANDARDI TS 498/Kasım 1997

ÇİZELGE 1 - Kohezyonsuz Zemin Özellikleri Hesap Değerleri

Sıra No	Zemin türü	Sembol	Sıklık	Birim Hacim Ağırlık			Kayma Direnci ϕ Derece
				Tabii γ_s kN/m ³	Doğgun γ_d kN/m ³	Batık γ' kN/m ³	
1	iyi derecelenmiş kum, az siltli kum, kum-çakıl	Cu ≤ 6 olan SW, SM	Gevşek	17,0	19,0	9,0	30
Orta Sıkı			18,0	20,0	10,0	32,5	
Sıkı			19,0	21,0	11,0	35	
4	iyi derecelenmiş az kumlu çakıl, yassı çakıl ve taş	GW	Gevşek	17,0	19,0	9,0	32,5
Orta Sıkı			18,0	20,0	10,0	35	
Sıkı			19,0	21,0	11,0	37,5	
7	Kötü derecelenmiş kum, kum-çakıl ve çakıl	6 < Cu < 15 olan SP, SM, GP	Gevşek	18,0	20,0	10,0	30
Orta Sıkı			19,0	21,0	11,0	32,5	
Sıkı			20,0	22,0	12,0	35	
10	Kötü derecelenmiş kum, kum-çakıl, az siltli çakıl	Cu ≥ 15 olan SP, SM, GP veya GM	Gevşek	18,0	20,0	10,0	30
Orta Sıkı			20,0	22,0	12,0	32,5	
Sıkı			22,0	24,0	14,0	35	

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Uniformluk katsayısı
 D_{10} : Elek analizinde elekten geçen matzemenin % 10'unun tekabül ettiği dane büyüklüğü
 D_{60} : Elek analizinde elekten geçen matzemenin % 60'ının tekabül ettiği dane büyüklüğü
 Gevşek 0,15 < Dr ≤ 0,3
 Ortasıkı 0,30 < Dr ≤ 0,50
 Sıkı 0,50 < Dr ≤ 0,75
 $Dr = \frac{e_{max} - e_d}{e_{max} - e_{min}}$
 e_{max} = En büyük boşluk oranı
 e_d = Tabii boşluk oranı
 e_{min} = En küçük boşluk oranı

UDK 624.042-351.78 TÜRK STANDARDI TS 498/Kasım 1997

ÇİZELGE 2 - Kohezyonlu Zemin ve Organik Zeminlerin Hesap Değerleri

Sıra No.	Zemin Türü	Sembolü	Kıvamı	Birim Hacim Ağırlık		Etkelil Kayma Direnci Açısı ϕ' Derece	Kohezyon	
				Su Üstü kN/m ³	Batık kN/m ³ ϕ		c' kN/m ²	cu N/m ²
1	Yüksek Plastisiteli İnorganik kohezyonlu zeminler ($w_L \geq 50$)	CH MH	Yumuşak Katı Ortasert	18,0	8,0	17,5	0	50
				19,0	9,0	17,5	10	35
				20,0	10,0	17,5	25	75
2	Orta Plastisiteli İnorganik kohezyonlu zeminler ($50 > w_L \geq 35$)	CL ML	Yumuşak Katı Ortasert	19,0	9,0	22,5	0	5
				19,5	9,5	22,5	5	25
				20,5	10,5	22,5	10	60
3	Düşük Plastisiteli İnorganik kohezyonlu zeminler ($w_L < 35$)	OL CL ML	Yumuşak Katı Ortasert	20,0	10,0	27,5	0	0
				20,5	10,5	27,5	2	15
				21,5	11,0	27,5	5	40
4	Organik kil, organik silt	OH OL	Yumuşak Katı	14,0	4,0	15	0	10
				17,0	7,0	15	0	20

Yumuşak : 0,50 < K ≤ 0,75
 Katı : 0,75 < K ≤ 1,00
 Ortasert : K > 1,00
 $Bağıl\ kıvam\ değeri\ (K) = (w_L - w_p) / (w_L - w_p)$
 w_L = Akmada katılaşmaya geçme sınırındaki su muhtevası (Likit Limit)
 w_p = Tabii su muhtevası
 w_p = Katıdan orta sertliğe geçme sınırındaki su muhtevası (Plastik Limit)

Table 5.8 Typical Peak Drained Strengths for Compacted Cohesive Soils

Unified classification	Relative compaction, RC ^a (%)	Effective stress cohesion, c' (kPa)	Effective stress friction angle, ϕ' (deg)
SM-SC	100	15	33
SC	100	12	31
ML	100	9	32
CL-ML	100	23	32
CL	100	14	28
MH	100	21	25
CH	100	12	19

Source: After U.S. Dept. Interior (1973).

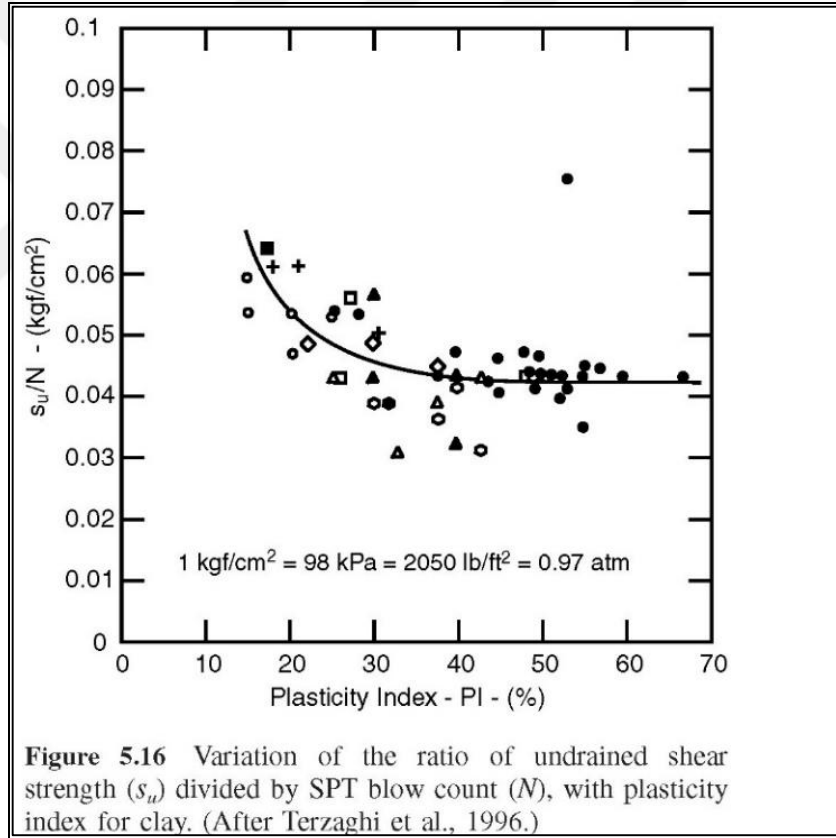
^aRC, relative compaction by USBR standard method, same energy as the Standard Proctor compaction test.

TABLE 3-4
Empirical values for ϕ , D_r , and unit weight of granular soils based on the SPT at about 6 m depth and normally consolidated [approximately, $\phi = 28^\circ + 15^\circ D_r$, ($\pm 2^\circ$)]

Description	Very loose	Loose	Medium	Dense	Very dense
Relative density D_r	0	0.15	0.35	0.65	0.85
SPT N'_{70} : fine	1-2	3-6	7-15	16-30	?
medium	2-3	4-7	8-20	21-40	> 40
coarse	3-6	5-9	10-25	26-45	> 45
ϕ : fine	26-28	28-30	30-34	33-38	
medium	27-28	30-32	32-36	36-42	< 50
coarse	28-30	30-34	33-40	40-50	
γ_{wet} , kN/m ³	11-16*	14-18	17-20	17-22	20-23

* Excavated soil or material dumped from a truck has a unit weight of 11 to 14 kN/m³ and must be quite dense to weigh much over 21 kN/m³. No existing soil has a $D_r = 0.00$ nor a value of 1.00. Common ranges are from 0.3 to 0.7.

Şekil B.2 : Zeminler için tipik indeks özellikleri

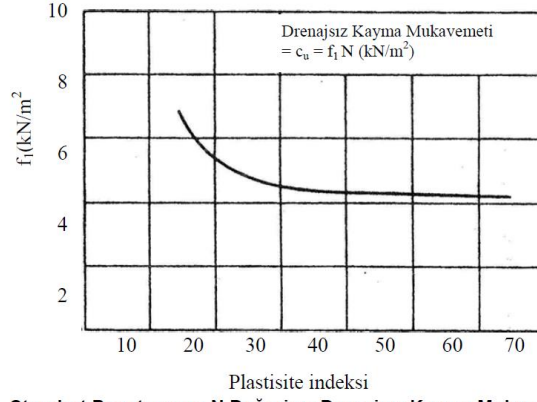


Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) :

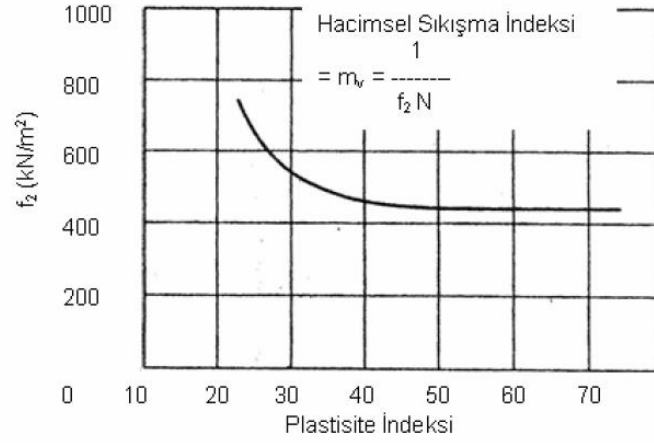
$$c_u = f_1 \cdot N \text{ kN/m}^2 ;$$

1-1

f_1 : zemin plastisite endisine bağlı katsayı, **Şekil 1.1**
N : zeminin SPT direnci , darbe/30cm



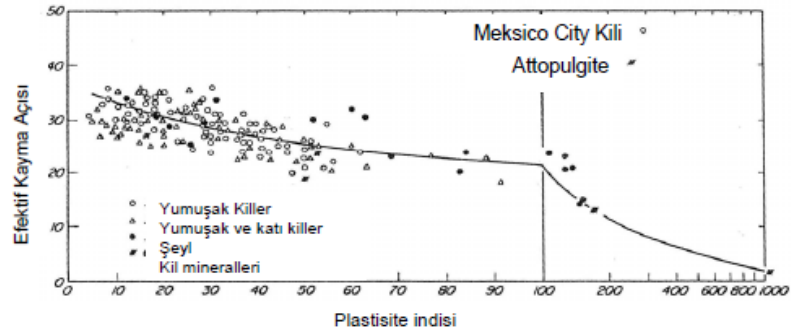
Şekil 1.1. Standart Penetrasyon N Değeri ve Drenajsız Kayma Mukavemeti İlişkisi (Stroud 1974)



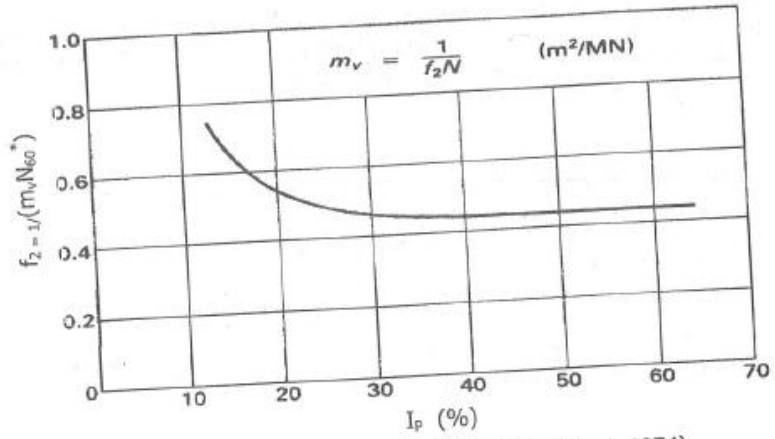
Şekil 1.3. Standart Penetrasyon N Değeri ve Hacimsel Sıkışma İndisi, mv İlişkisi (Stroud, 1975)

1.1.3 Efektif Kayma Direnci Açısı (Φ')

Zemin plastite endisi değerine bağlı olarak Şekil 1.4 den alınır (Terzaghi v.d. 1996).



Şekil 1-4 Efektif Kayma Direnci Açısı ile Plastisite indisi arasındaki ilişki (Terzaghi, 1996)



Şekil 3.19. f_2 ile plastisite indisi (I_p) ilişkisi (Stroud, 1974).

Young modülü (E) ile hacimsel sıkışma modülü ($M_c = 1/m_v$) arasında aşağıdaki gibi ilişki vardır (McGregor ve Duncan, 1998).

$$\text{Gevşek kumlar için} \quad E = 0.65M_c \quad (3.10)$$

$$\text{Sıkı kumlar için} \quad E = 0.85M_c \quad (3.11)$$

Typical Values of the Coefficient of Volume Compressibility, m_v (after Carter 1983)

Type of clay	Description	m_v		
		$(\times 10^{-3} \text{m}^2/\text{kN})$		
		Lower Limit	Upper Limit	Average
Heavy over-consolidated boulder clays, stiff weathered rocks and hard clays	Very low compressibility		0,05	
Boulder clays, marls, very stiff tropical red clays	Low compressibility	0,05	0,1	0,075
Firm clays, glacial outwash clays, lake deposits, weathered marls, firm boulder clays, normally consolidated clays at depth and firm tropical red clays	Medium compressibility	0,1	0,3	0,2
Normally consolidated alluvial clays such as estuarine and delta deposits, and sensitive clays	High compressibility	0,3	1,5	0,9
Highly organic alluvial clays and peats	Very high compressibility	1,5		

Carter, M and Bentley, S. P., Correlations of Soil Properties, Pentech Press, London, 1991.

Şekil B.3 : Killer için efektif içsel sürtünme açısı

Table 5.67 Internal friction angle, ϕ' , of granular materials in degrees, after Leonards (1962)

Type of material	Compaction	Round particles, uniformly graded	Angular particles, well graded
Medium sand	Loose	28-30	32-34
	Medium dense	32-34	36-40
	Very dense	35-38	44-46
Sand and gravel			
65% gravel + 35% sand	Loose		39
65% gravel + 35% sand	Medium dense	37	41
80% gravel + 20% sand	Dense		45
80% gravel + 20% sand	Loose	34	
Quarried rock		40-55	

TABLE 2-6
Representative values for angle of internal friction ϕ

Soil	Type of test*		
	Unconsolidated- undrained, U	Consolidated- undrained, CU	Consolidated- drained, CD
Gravel			
Medium size	40–55°		40–55°
Sandy	35–50°		35–50°
Sand			
Loose dry	28–34°		
Loose saturated	28–34°		
Dense dry	35–46°		43–50°
Dense saturated	1–2° less than dense dry		43–50°
Silt or silty sand			
Loose	20–22°		27–30°
Dense	25–30°		30–35°
Clay	0° if saturated	3–20°	20–42°

*See a laboratory manual on soil testing for a complete description of these tests, e.g., Bowles (1992).

Notes:

1. Use larger values as γ increases.
2. Use larger values for more angular particles.
3. Use larger values for well-graded sand and gravel mixtures (GW, SW).
4. Average values for gravels, 35–38°; sands, 32–34°.

Şekil B.4 : Kaya dolgu niteliğindeki malzemeler için içsel sürtünme açısı

KAYAÇ	POISSON ORANI (ν)
Bazalt	0.10-0.35
Diyabaz	0.10-0.28
Diyorit	0.20-0.30
Dolerit	0.15-0.35
Dolomit	0.10-0.35
Gnays	0.10-0.30
Granit	0.10-0.30
Granodiyorit	0.15-0.25
Grovak	0.05-0.20
Kıltaşı	0.25-0.40
Kireçtaşı	0.10-0.33
Konglomera	0.10-0.40
Kumtaşı	0.05-0.40
Kuarsit	0.10-0.33
Marn	0.13-0.33
Mermer	0.15-0.30
Norit	0.20-0.25
Silttaşı	0.13-0.35
Şeyl	0.05-0.32
Tuz	0.05-0.30
Tüf	0.10-0.28

TABLE 4-11
Range of properties for selected rock groups; data from several sources

Type of rock	Typical unit wt., kN/m ³	Modulus of elasticity E , MPa $\times 10^3$	Poisson's ratio, μ	Compressive strength, MPa
Basalt	28	17-103	0.27-0.32	170-415
Granite	26.4	14-83	0.26-0.30	70-276
Schist	26	7-83	0.18-0.22	35-105
Limestone	26	21-103	0.24-0.45	35-170
Porous limestone		3-83	0.35-0.45	7-35
Sandstone	22.8-23.6	3-42	0.20-0.45	28-138
Shale	15.7-22	3-21	0.25-0.45	7-40
Concrete	15.7-23.6	Variable	0.15	15-40

*Depends heavily on confining pressure and how determined; E = tangent modulus at approximately 50 percent of ultimate compression strength.

THE SHEAR STRENGTH OF DISCONTINUITIES 263

Table 9.1 Basic friction angles for a range of rock materials (Barton and Choubey, 1977)

Rock type	ϕ_b dry Degrees	ϕ_b wet Degrees
Sandstone	26-35	25-34
Siltstone	31-33	27-31
Limestone	31-37	27-35
Basalt	35-38	31-36
Fine granite	31-35	29-31
Coarse granite	31-35	31-33
Gneiss	26-29	23-26
Slate	25-30	21

Şekil B.5 : Kaya nitelikli birimler için kullanılan değerler

Rock strength	Rock category (examples)	Unit weight of rock γ [kN/m ³]
Solid rock	most hard solid rock, intact, compact and dense quartz rock and basalt, other extraordinary hard rocks	28.0 - 30.0
Highly hard rock	very hard granit rock, quartz porphyry, very hard granite, hard flinty shale, quartzite, very hard sand rock and very hard calcite	26.0 - 27.0
Hard rock	granite, very hard sandstone and calcite, quartzite lode, hard conglomerate, very hard ore, hard limestone, marble, dolomite, pyrite	25.0 - 26.0
Rock	sandstone, ore, medium sandy shale, flagstone	24.0
Medium rock	hard mudstone, softer sand rock and calcite, chalky clay	23.0 - 24.0
Soft rock	shale, soft limestone, calk, salt rock, frozen ground, anthracite, marl, remoulded sandstone, soft conglomerate, ground with fels	22.0 - 26.0
Weak soil	compact clay, soil eluvium, black coal	20.0 - 22.0
		18.0 - 20.0

9.2 Rock weight

- The rock unit weight would vary depending on its type, and weathering.
- This table is for intact rock only. Compacted rock would have reduced values.

Table 9.2 Representative range of dry unit weight.

Origin	Rock type	Unit weight range (kN/m ³)			
		XW	DW	SW	Fr
Sedimentary	Shale	20–22	21–23	22–24	23–25
	Sandstone	18–21	20–23	22–25	24–26
	Limestone	19–21	21–23	23–25	25–27
Metamorphic	Schist	23–25	24–26	25–27	26–28
	Gneiss	23–26	24–27	26–28	27–29
Igneous	Granite	25–27	26–27	27–28	28–29
	Basalt	20–23	23–26	25–28	27–30

- Specific gravity, $G_s = 2.70$ typically, but varies from 2.3 to 5.0.

Şekil B.6 : Geo5 literatüründen bulunan kaya parametreleri

Table 7.2 Correlations between unconfined compressive strength σ_c and point load index $I_{s(50)}$.

Correlation	Reference
$\sigma_c = 15.3I_{s(50)} + 16.3$	D'Andrea et al. (1965)
$\sigma_c = 20.7I_{s(50)} + 29.6$	Deer & Miller (1966)
$\sigma_c = 24I_{s(50)}$	Broch & Franklin (1972)
$\sigma_c = 23I_{s(50)}$	Bieniawski (1975)
$\sigma_c = (10 \text{ to } 29)I_{s(50)}$	Al Jassar & Hawkins (1979)
$\sigma_c = 29I_{s(50)}$	Hassani et al. (1980)
$\sigma_c = 16I_{s(50)}$ for sedimentary rocks	Read et al. (1980)
$\sigma_c = 20I_{s(50)}$ for basalts	
$\sigma_c = 18.7I_{s(50)} - 13.2$	Singh (1981)
$\sigma_c = 14.5I_{s(50)}$	Forster (1983)
$\sigma_c = 16.5I_{s(50)} + 51.0$	Gunsallus & Kulhawy (1984)
$\sigma_c = (20 \text{ to } 25)I_{s(50)}$	ISRM (1985)
$\sigma_c = (9 \text{ to } 27)I_{s(50)}$	Hawkins & Olver (1986)
$\sigma_c = (8 \text{ to } 54)I_{s(50)}$	Norbury (1986)
$\sigma_c = (8.6 \text{ to } 16)I_{s(50)}$	Vallejo et al. (1989)
$\sigma_c = 23I_{s(50)} + 13$	Chargill & Shakoor (1990)
$\sigma_c = (14 \text{ to } 82)I_{s(50)}$	Tsidzi (1991)
$\sigma_c = 16I_{s(50)}$	Ghosh & Srivastava (1991)

$\sigma_c = 9.3I_{s(50)} + 20.0$			Grasso et al. (1992)
$\sigma_c = 25.67I_{s(50)}^{0.57}$			
$\sigma_c = 23.37I_{s(50)}$	$(r^2 = 0.96)$	for quartzite rocks	Singh & Singh (1993)
$\sigma_c = 19I_{s(50)} + 12.7$	$(r^2 = 0.81)$	for sandstones	Ulusay et al. (1994)
$\sigma_c = 12.5I_{s(50)}$	$(r^2 = 0.53)$	for granite & tuff	Chau & Wong (1996)
$\sigma_c = 14.3I_{s(50)}$			Smith (1997)
$\sigma_c = 15.25I_{s(50)}$	$(r^2 = 0.96)$	for granitic rocks	Tugrul & Zarif (1999)
$\sigma_c = (14.5 \text{ to } 27)I_{s(50)}$		for limestones	Romana (1999)
$\sigma_c = (12 \text{ to } 24)I_{s(50)}$		for sandstones	
$\sigma_c = (10 \text{ to } 15)I_{s(50)}$		for siltstones & mudstones	
$\sigma_c = (5 \text{ to } 10)I_{s(50)}$		for chalk & porous limestones	
$\sigma_c = 23.6I_{s(50)} - 2.7$		for coal measure rocks	Kahraman (2001b)
$\sigma_c = 8.4I_{s(50)} + 9.5$		for 22 different rocks	
$\sigma_c = 21.4I_{s(50)}$	$(r^2 = 0.85)$	for mudrocks	Lashkaripour (2002)
$\sigma_c = 24.4I_{s(50)}$		for strong rocks	Quane & Russel (2003)
$\sigma_c = 3.86I_{s(50)}^2 + 5.65 I_{s(50)}$		for weak rocks	
$\sigma_c = 10.3I_{s(50)} + 28.1$	$(r^2 = 0.76)$	for sandstones	Zorlu et al. (2004)

Araştırmacı	Kay	aç	türü	k-değeri
Broch and Franklin (1972)			Kumlası. doled!	24
Bieniawski (1975)			Kumuşu ve mağmatik kayaçlar	24
Wilson (1976)			Çok zayıf çamıtması	8
Carter and Sneddon (1977j)			Kireçtaşı	26-28.5
			Kumtaşı	24.5
Al-Jassar and Hawkins (1979)			Kireçtası/dolonit	8-27
			Kumtuşu	22
Jen ni. and Bal İssal (1979)			Kireçtaşı ve dolomit	12
			Breş (killi)	9
Cavagna.ro (1980)			Kömürlü birim	25
Hassanı et ai. (1980)			Tortul kayaçlar	29
Read et al. (1980)			Ba/alt	8-24
			Sil ilası u' ktınıLişi	10-45
Beawisetal. (1982)			Şeyi	8
Forster (1983)			Dolent	12-14
			Kumtaşı	15-18
Hagenaar cl al. (.1984)	Kal	karen	it	3
			Merciini i. kayaç	4-5
			Kızıl deni./ tortulları	3-12
Abbs (1985)			KalkarcniL. kakışıldı	5-1 1
Norbury (1986)			Kumtaşı	8-30 (genelde 20-25)
			Si if taşı.	15-35
			Çaiiirtası	18-35 (genelde 20)
			SJeyt	24
			Mağmalik ve metamorfik kayaçlar	27
			Kristalize kireçtaşı	24-54
			Taneli kireçtaşı	8
			Tebeşir	10-22
Hawkins .and Olver (1986)			Kireçtaşı	26.5
			Kumtaşı	24.8
			Silttaşı	9.3
Rao et al. (1987)			Kumtaşı	9.5-1.5
Leung and Radhakrishnan (1990)			Ayrıışmış tortul kayaçlar	6
Cargiil and Shakoor (1990)			Kumtaşı	19-31 (genelde 21 -27)
			Kireçtaşı ve dolomit	17-30
Bel! (1992)			Kumtaşı	12-19 (kuru), 7-12 (ıslak)
			Kireçtaşı	20-30(kırmı), 14-24 (ıslak)
			Tebeşir	68 (kuru), 31 (ıslak)
Kahraman (1.996)			Kireçtaşı, dolomit, serpantinit, marn, kumtaşı, doyorit	20-30
Antl vd. (1996)			Mermer	24
Wiesner and Gillate (1997)			Kurutuç* ve bazalt	18.6
Hawkins (1998)			Tortul kayaçlar'	10-24 (ıslak)
			Tortul ve mağmatik kayaçlar	1.5-25 (kura)
Bowden et al. (1998)			Tebeşir 11 -21	(genelde 14-17)
			Marn	11-22

Geological Engineering 24 (1) 200

Şekil B.7 : Kaya nitelikli birimler için nokta yükünün tek eksenli basınç dayanımına dönüşümünde kullanılan ampirik denklemler

TABLE 5-6

Equations for stress-strain modulus E_s by several test methods (continued)

E_s in kPa for SPT and units of q_c for CPT; divide kPa by 50 to obtain ksf. The N values should be estimated as N_{55} and not N_{70} . Refer also to Tables 2-7 and 2-8.

Soil		
Use the undrained shear strength s_u in units of s_u		
Clay and silt	$I_p > 30$ or organic	$E_s = (100 \text{ to } 500)s_u$
Silty or sandy clay	$I_p < 30$ or stiff	$E_s = (500 \text{ to } 1500)s_u$
		Again, $E_{s,OCR} \approx E_{s,uc} \sqrt{OCR}$
		Use smaller s_u -coefficient for highly plastic clay.
Of general application in clays is		
		$E_s = K s_u$ (units of s_u) (a)
where K is defined as		
		$K = 4200 - 142.54I_p + 1.73I_p^2 - 0.0071I_p^3$ (b)
and I_p = plasticity index in percent. Use $20\% \leq I_p \leq 100\%$ and round K to the nearest multiple of 10.		
Another equation of general application is		
		$E_s = 9400 - 8900I_p + 11600I_c - 8800S$ (kPa) (c)
I_p, I_c, S = previously defined above and/or in Chap. 2		

TABLE 4.4
TYPICAL RANGES FOR ELASTIC CONSTANTS OF VARIOUS MATERIALS*

Material	Young's modulus E_u tsf, kg/cm ²	Poisson's ratio ν	Material	E_s
SOILS			ESTIMATING E_s FROM N (SPT)†	
Clay:			Soil type:	4N _i
Soft sensitive	20-40 (500 s_u)		Silts, sandy silts, slightly cohesive mixtures	
Firm to stiff	40-80 (1000 s_u)	0.4-0.5 (undrained)	Clean fine to medium sands and slightly silty sands	7N _i
Very stiff	80-200 (1500 s_u)		Coarse sands and sands with little gravel	10N _i
Loess	150-600	0.1-0.3	Sandy gravel and gravels	12N _i
Silt	20-200	0.3-0.35		
Fine sand:				
Loose	80-120			
Medium dense	120-200	0.25		
Dense	200-300			
Sand:				
Loose	100-300	0.2-0.35		
Medium dense	300-500			
Dense	500-800	0.3-0.4		
Gravel:				
Loose	300-800			
Medium dense	800-1000			
Dense	1000-2000			
ROCKS				
Sound, intact igneous and metamorphics	6-10 × 10 ⁵	0.25-0.33		
Sound, intact sandstone and limestone	4-8 × 10 ⁵	0.25-0.33		
Sound, intact shale	1-4 × 10 ⁵			
Coal	1-2 × 10 ⁵			
OTHER MATERIALS				
Wood	1.2-1.5 × 10 ⁵			
Concrete	2-3 × 10 ⁵	0.15-0.25		
Ice	7 × 10 ⁵	0.36		
Steel	21 × 10 ⁵	0.28-0.29		

*After CCS (1978)² and Lambe and Whitman (1969)³

†After NAVFAC (1982)²³

NOTE: Use N values corrected for depth N_c .

SPT & Elastisite Modülüs Korelasyonları

Geotechnical Engineering Analysis and Evaluation
Roy E.HUNT, 1986.

Şekil B.8 : Zeminlerin elastisite modülleri

$$q_a = K_{sp} \times q_{u-core} \quad (9.1)$$

where

- q_a = design bearing pressure
 q_{u-core} = average unconfined compressive strength of rock (as determined from ASTM D2938).
 K_{sp} = an empirical coefficient, which includes a factor of safety of 3 (in terms of working stress design) and ranges from 0.1 to 0.4 (see Table 9.2 and Figure 9.2).

TABLE 9.2 *Coefficients of Discontinuity Spacing, K_{sp}*

Discontinuity Spacing		K_{sp}
Description	Distance (m)	
Moderately close	0.3 to 1	0.1
Wide	1 to 3	0.25
Very wide	> 3	0.4

Şekil B.9 : Canadian manual kaya'da taşıma gücü

Çizelge 3.2 : Terzaghi N_c , N_q , N_γ ve K_{py} katsayıları (Bowles, 1996).

Φ (derece)	N_c	N_q	N_γ	K_{py}
0	5.7	1.0	0.0	10.8
5	7.3	1.6	0.5	12.2
10	9.6	2.7	1.2	14.7
15	12.9	4.4	2.5	18.6
20	17.7	7.4	5.0	25.0
25	25.1	12.7	9.7	35.0
30	37.2	22.5	19.7	52.0
34	52.6	36.5	36.0	
35	57.8	41.4	42.4	82.0
40	95.7	81.3	100.4	141.0
45	172.3	173.3	297.5	298.0
48	258.3	287.9	780.1	
50	347.5	415.1	1153.2	800.0

Çizelge 3.4 : Meyerhof N_c , N_q , N_γ taşıma gücü katsayıları (Bowles, 1996).

Φ (derece)	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1.0	0.0
5	6.49	1.6	0.1
10	8.34	2.5	0.4
15	10.97	3.9	1.1
20	14.83	6.4	2.9
25	20.71	10.7	6.8
26	22.25	11.8	8.0
28	25.79	14.7	11.2
30	30.13	18.4	15.7
32	35.47	23.2	22.0
34	42.14	29.4	31.1
36	50.55	37.7	44.4
38	61.31	48.9	64.0
40	75.25	64.1	93.6
45	133.73	134.7	262.3
50	266.50	318.5	871.7

Çizelge 3.8 : Hansen ve Vesic N_c , N_q , N_γ taşıma gücü katsayıları (Bowles, 1996).

Φ (derece)	N_c	N_q	$N_{\gamma(H)}$	$N_{\gamma(V)}$
0	5.14	1.0	0.0	0.0
5	6.49	1.6	0.1	0.4
10	8.34	2.5	0.4	1.2
15	10.97	3.9	1.2	2.6
20	14.83	6.4	2.9	5.4
25	20.71	10.7	6.8	10.9
26	22.25	11.8	7.9	12.5
28	25.79	14.7	10.9	16.7
30	30.13	18.4	15.1	22.4
32	35.47	23.2	20.8	30.2
34	42.14	29.4	28.7	41.0
36	50.55	37.7	40.0	56.2
38	61.31	48.9	56.1	77.9
40	75.25	64.1	79.4	109.3
45	133.73	134.7	200.5	271.3
50	266.50	318.5	567.4	761.3

Şekil B.10 : Taşıma gücü faktörleri (terzaghi, meyerhof, hansen ve vesic)

According to EC-2			
Concrete designation	Cohesion: c (kN/m ²)	Friction angle: ϕ	Tensile strength (kN/m ²)
HM-15	387	9°	1216
HM-25	500	9°	1710

Table 4: Mohr-Coulomb strength parameters for mass concrete according different methods

Şekil B.11 : Betonarme duvar parametresi



EK C. DRENAJ PAFTALARI

Onaylı Drenaj paftaları arasından kavşak kesimini kapsayan paftalar seçilmiştir.



ÖZGEÇMİŞ

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Ön Lisans** : Harran Üniversitesi, MYO, Harita Kadastro Teknikerliği.
- **Lisans** : Yakın Doğu Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü.

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2015 Ocak –Ağustos 2022 –. Halen çalışıyorum. Hel-Daş Harita Mühendislik Ltd. Şti şirketinde Şirket Müdürü.(OSB lerin Altyapı projelerin hazırlanması (Yol, İçmesuyu, Yağmursuyu ve Atıksu projeleri))
- Mart 2013–Aralık 2014 Muhtelif Yapıların Statik Projelerin yapımı
- Ocak 2008–Aralık 2012 Düzlem Harita da Arazi Toplulaştırma Projeleri ve Tarla içi Yolların Yapımı.
- Ekim 2005 – Aralık 2007. Nur-Ak İnşaat. San. Ltd. Şti. Yemen Dhamar El Huseyin 230 km yolun Proje Yapımını ve Şantiye Şefliği.